

Ut ur Östersjön genom vassen – beskrivning av övergödningsproblematiken samt optimering av en reningsmetod genom skörd av vattenväxter

Out of the Baltic Sea through the reed

*– description of the eutrophication problem and optimization
of a method based on harvest of water plants*

Sofie Orvestedt



SLU, Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för mark och miljö

Sofie Orvestedt

Ut ur Östersjön genom vassen – beskrivning av övergödningssproblematiken samt optimering av en reningsmetod genom skörd av vattenväxter
Out of the Baltic Sea through the reed – description of the eutrophication problem and optimization of a method based on harvest of water plants

Handledare: Helena Aronsson, institutionen för mark och miljö, SLU
Examinator: Barbro Ulén, institutionen för mark och miljö, SLU

EX0688, Självständigt arbete i miljövetenskap – kandidatarbete, 15 hp, Grundnivå, G2E
Kandidatprogrammet Biologi och miljövetenskap 180 hp

Serienamn: Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU
2013:18

Uppsala 2013

Nyckelord: vass, fosfor, kväve, övergödning, skörd, vattenväxter, näringsupptag, Östersjön, jättegröe, kavedun, rörlan, andmat

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Omslag: Skörd av vass. Foto Biototal, 2012.

ABSTRACT

This study is based on AgroSeas business idea *from environmental problems to valuable resource*, with the objective to optimize a method to purify the already eutrophicated Baltic Sea by harvesting water plants, mainly reed. The nutrients will then be recirculated to arable land through residues from biogas production. The amount of nutrients that can be removed by harvesting the biomass depends on the amounts of biomass and the nutrient content of it, which in turn is strongly dependent on the nutrient concentration of the surrounding water. Vegetation suggested in the study for an effective nutrient uptake is helophytes: reed, cattails, reed canary grass, reed sweet grass in shallower water and lemnoideae: duckweed and nymphaeids in the deeper parts. Competitive species has high purification ability but requires regular maintenance to avoid channeling and overgrowth. Regarding time and method of harvest, effectiveness may be improved by: harvesting plants above the water level and after flowering, a border is kept, harvesting twice a season, a bigger machine and a regular maintenance.

This literature has illuminated a major environmental problem and it has been suggested optimizations for a method for cleaning the Baltic Sea through harvesting water plants, but to get a definite answer for the optimal method for each site tests should be carried out, this because many factors determine to what is suitable for each, specific environment.

SAMMANFATTNING

Denna litteraturstudie är baserad på AgroSeas affärsidé *Från miljöproblem till värdefull resurs*, med målet att optimera en metod att rena den övergödda Östersjön genom skörda vattenväxter och därmed återföra näringen till åkermarken genom rötrest från biogasproduktion. Mängden näringsämnen som kan föras bort genom skörd beror på biomassans storlek och dess halt av näringsämnen vilket är starkt knuten till näringstillgången i vattnet. Vegetation som föreslås i studien för ett effektivt näringsupptag är helofyter; vass, kavedun, rörflen, jättegröe på grundare vatten och limnider; andmat samt nymphaeider i de djupare delarna. Konkurrenskraftiga arter har en hög reningsförmåga men kräver regelbunden skötsel för att undvika kanalisering och igenväxning. Angående skördetid och metod kan denna metod effektiviseras genom att; växterna slås ovanför vattenytan och efter blomningen, en bård sparas, skörda två gånger per säsong, en efterhållande skötsel samt en större skördemaskin på större och djupare områden till skillnad från de som används intill den steniga kusten.

Denna litteraturstudie beskriver övergödningsproblemen och det har givits förslag på optimeringar för en metod för rengöra Östersjön genom vattenväxtskörd men för att få ett säkert svar på optimal metod för varje plats bör försök utföras då många faktorer avgör för vad som lämpar sig för varje, speciell miljö.

FÖRORD

Jag vill börja med att rikta ett stort tack till AgroSeas VD Julia Fransson för möjligheten att få skriva mitt kandidatarbete hos er och jag hoppas verkligen att ni får användning av det.

Jag vill tacka min handledare Helena Aronsson, universitetslektor vid institutionen för mark och miljö, som tog på sig att handleda mig och har under arbetets gång bidragit med stor hjälp i form av bland annat avgränsningar, förslag och korrigering.

Jag avsluta med ett tack till Peter Nordmark, Kognitionsvetare vid Linköpings universitet för all hjälp och stöd under arbetets gång.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Introduktion	1
1.1 Inledning	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställningar och avgränsningar	2
2. Metod	3
2.1 Val av metod	3
2.2 Motiv för val av metod	3
3. Teori	4
3.1 Egentliga Östersjön	4
3.1.2 Oceanografi	5
3.2 Övergödning	6
3.2.1 Bidrag till övergödning	6
3.2.2 Konsekvenser av övergödningen	8
3.3 Vattenväxters näringsupptag	10
3.3.1 Vattenväxters påverkan på den totala näringsretentionen	10
3.4 Skörd av vattenväxter	12
3.4.1 Bioenergiproduktion av växters biomassa	13
3.4.2 Skörd av bladvass	14
3.4.3 Etablering av nya växter	16
3.4.4 Optimering av vattenväxters näringsupptag	20
3.5 Tidigare försök	26
4. Resultat	29
4.1 Egentliga Östersjön	29
4.2 Övergödning	29
4.3 Vattenväxters näringsupptag	29
4.3.2 Skörd av vattenväxter	30
4.3.3 Skörd av vass	30
4.3.3 Etablering av nya vattenväxter	31
4.3.4 Optimering av vattenväxters näringsupptag och ekologiskt värde	32
5. Diskussion	34
6. Slutsatser	38
Litteraturförteckning	39

1. INTRODUKTION

Denna kandidatuppsats på 15 högskolepoäng är skriven som en del av Biologi- och miljövetenskapsprogrammet med inriktning miljövetenskap vid Sveriges Lantbruksuniversitet.

1.1 INLEDNING

Övergödning är ett av våra största miljöproblem och det allvarligaste hotet för vår havsmiljö. Övergödning kan orsaka bland annat algblomning som leder till syrefria bottenar (Naturvårdsverket a 2012). Det ökade läckaget av näringsämnen till Östersjön har resulterat i ett övergött hav där de sämsta förhållandena råder i Egentliga Östersjön. Östersjön är svårt drabbat av syrebrist och utbredningen av syrefria bottenar har tredubblats under 2000-talet (Naturvårdsverket b 2012).

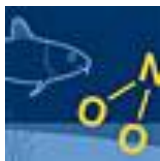


Bild 1.
Miljömålet
"Ingen
övergödning"
(Naturvårdsver
ket a, 2012)

"Halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten." Detta är Regeringens definition av miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* (Naturvårdsverket a 2012) (Bild 1).

Naturvårdsverket menar att det inte är möjligt att nå miljö kvalitetsmålet till år 2020 med de nuvarande beslutade och planerade styrmedlen. Miljö tillståndet i havet är fortfarande kraftigt påverkat av övergödande ämnen och för att lyckas uppnå målet krävs ökade insatser mot utsläppen och samtidigt öka insatser mot de övergödande ämnen som redan finns upplagrade i havssedimenten (Naturvårdsverket b 2012).

Övergödning orsakas då för höga halter av näringsämnena fosfor och kväve når vattnet från exempelvis jordbruk, avloppsreningsverk, industrier och trafikavgaser (Naturvårdsverket a 2012). En del av näringen som läcker från marken kan fångas upp innan den når Östersjön genom åtgärder vid utsläppskällorna och längs vattendragen genom exempelvis anläggning av våtmarker (Havs och vattenmyndigheten 2012). Enligt en trendanalys av jordbruksdominerande vattendrag inom miljöövervakningen i Syd- och Mellansverige finns starka indikationer på att åtgärder som utförts för en minskning av näringsläckage har gett avsedd effekt. Lantbrukarna har bland annat ändrat odlingsmetoder och grödor i olika kombinationer (Fölster, o.a. 2012). Detta är naturliga sätt att ta upp en del av näringen på vägen men det förändrar inte halten näringsämnena som redan finns i Östersjön.

Det finns ett flertal projekt med försök för att minska övergödningen genom att ta upp näringsämnena i Östersjön och på senare år har många av dessa fokuserat på skörd av havets biomassa. Den största fokusen har legat på makroalger, cyanobakterier, blåmusslor och vass (Bild 2) och den skördade biomassan har används till exempelvis bioproduktion, foder och byggnadsmaterial (Risén, o.a. 2012).



Bild 2. Vassbestånd (Foto: Biototal)

1.2 SYFTE

Denna studie är baserad på en affärsidé hos företaget AgroSea (www.agrosea.se). Idén *Från miljöproblem till värdefull resurs* går ut på att skörda vass som kan användas som substrat för biogasproduktion. Restprodukten är biogödsel som kan användas för att gödsla åkermark. De ämnar därmed bidra till att lösa två miljöproblem: Östersjöns övergödning och återförandet av näringsämnen till åkermarken (AgroSea b u.d.). Detta främjar även bioenergiproduktionen som är en förnybar energikälla. Denna studie utförs på uppdrag av AgroSea med det övergripande målet att genom en litteraturstudie bidra med kunskap för att optimera denna metod för en friskare Östersjö och ett mer kretsloppsanpassat samhälle.

1.3 FRÅGESTÄLLNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR

Ur studiens syfte följer huvudfrågeställningen:

- I. Hur kan en metod för att rena Östersjön från kväve och fosfor med hjälp av vattenväxter optimeras och vilken reningseffekt kan nås?

Vidare är följande underfrågor nödvändiga att undersöka:

- i. Finns det alternativa vattenväxter som har ett effektivare näringsupptag än vass?
- ii. Vilken skördemetod är effektivast och vilken tidpunkt för skörd är optimal?

Studien rör Östersjöns kustområde och med en avgränsning till Egentliga Östersjön där övergödningssproblematiken är störst. Studien begränsas till näringsämnena kväve och fosfor, som bidrar mest till övergödningen. I detta arbete antas vattenväxter i kustzonen fungera på liknande sätt som växter i en våtmark, eftersom det saknas kunskap om kustzonen.

2. METOD

I detta avsnitt redogörs för metoden som användes i studien. Upplägget för de olika delarna av studien beskrivs också kortfattat.

2.1 VAL AV METOD

Studien utfördes som en litteraturstudie med sammanställningar och analyser av tidigare försök och studier inom området. Information har hämtats från webbsidor, böcker och artiklar, genom bland annat specifika sökningar på Sveriges Lantbruksuniversitets databaser.

I introduktionen ges en inledning om förhållandena i Östersjön samt vad studien kommer att handla om. I teoriavsnittet ges detaljerad information om övergödningsproblematiken och de olika delar som valts att studeras. Tidigare studier och relevant information sammanställs under olika avsnitt. I resultatet presenteras en sammanställning av den mest relevanta informationen som påträffats i teorin tillsammans med en kontrasterande utvärdering. Områdets geografiska position med sitt speciella klimat vägs med i avgörandet om växters potential. Arbetet övergår sedan till en diskussion om olika optimeringsmetoder och avslutas med en slutsats för vad studien visat på.

Utöver egna sökmetoder har en regelbunden kontakt hållits med AgroSeas VD Julia Fransson för en mer praktisk kunskap, hjälp med riktlinjer och ytterligare informationsutbyte.Handledare Helena Aronsson har även hjälpt till med avgränsningar, tips på artiklar och förslag till förbättringar.

2.2 MOTIV FÖR VAL AV METOD

Valet av att genomföra uppsatsen som en litteraturstudie beror på att det är ett effektivt tillvägagångssätt att hitta information och data, samt på den begränsade tid som stod till förfogande. En litteraturstudie kan ses som ett värdefullt avstamp för formulering av forskningsbara hypoteser och idéer för kommande studier.

3. TEORI

Denna del presenterar bakomliggande fakta om de olika delar som studien rör; *Egentliga Östersjöns oceanografi, övergödning, vattenväxters näringsupptag och skörd av vattenväxter*. I avsnittet *skörd av vattenväxter* ligger tyngdpunkten på bladvass, men eventuell nyetablering av alternativa vattenväxter behandlas också. Avsnittet avslutas sedan med tänkbara möjligheter för optimering av vattenväxternas förmåga att ta upp näring ur vattnet. I slutet redovisas även *tidigare försök* inom området.

3.1 EGENTLIGA ÖSTERSJÖN

Egentliga Östersjön är en del av Östersjön som sträcker sig från södra Ålands hav till de danska sunden (Bild 3). Egentliga Östersjöns yta är 228 000 km² och har en volym på 14 900 km³. Havet präglas av bräckt vatten med en permanent skiktad vattenmassa. Vattnet består av en blandning av det salta vattnet från Atlanten och sött vatten från en mängd vattendrag som rinner ut i Östersjön. Då saltvatten är tyngre än sötvatten sjunker det till botten och två eller flera skikt bildas som aldrig blandas helt. Saltvatteninbrott från Atlanten sker sällan på grund av trösklarna i de danska sunden. Större vatteninbrott kan dröja så många som 10-20 år. Den årliga tillförseln av nytt vatten från land och omgivande hav är 480 km³ vilket gör att det tar 25-30 år för hela vattenmassan att omsättas (havet.nu a u.d.). Den långa omsättningstiden gör att Östersjön blir särskilt känsligt för övergödning. Brackvattenssystemet och det dåliga utbytet med angränsande hav ger naturliga barriärer som förhindrar att vattenmassan blandas. Övergödningsprocessen har speciella karaktäristiska drag för Östersjön där utvecklingen och miljöeffekterna skiljer sig från andra hav (Havet.nu b u.d.).



Bild 3. Karta över Egentliga Östersjön (Länsstyrelsen Stockholm)

Syre är essentiellt för allt högre liv i havet och tillförs dels genom utbyte med atmosfären samt genom växternas fotosyntes. Syre förbrukas genom att organiskt material bryts ner i djupvattnet. Egentliga Östersjön har flera djuphålor där det tyngre saltare vattnet samlas och i brist på omblandning uppstår syrefria bottenar. Saltvatteninbrotten ger nytt syrerikt vatten direkt till botten men de stora trösklarna runt djuphålorna gör att det sällan når långt i resten av havet. I jämförelse med andra akvatiska ekosystem är näringsväven enklare i Egentliga Östersjön då det endast finns ett fåtal arter inom varje grupp. Detta gör ekosystemet mer sårbart och om en art slås ut är det inte garanterat att en ersättare kan fylla dess funktion (havet.nu a u.d.).

3.1.2 OCEANOGRAFI

Östersjön har ett generellt kallt vatten där temperaturen i det djupare skiktet är 4-5° C året om, medan temperaturen i det övre skiktet varierar med årstiderna (Bild 4). På våren, då ytvattnet värms upp, får vattnet en lägre täthet och blandas inte med det underliggande kallare vattnet och ett temperatursprångskikt bildas. Under vår och sommar värms vattnet upp fortlöpande men blandas även ner av vinden. Vattentemperaturen når sitt maximum i början av augusti på cirka 20° C och temperatursprångskiktet når sitt största djup på cirka 30 m. Inomskärs och längs grunda stränder är dock temperaturen ofta högre, då ytvattnet värms upp snabbare på grund av mindre omblandning samt uppvärmning av botten (SMHI a 2009). I Egentliga Östersjön ligger salinitetshalten på 6-8 PSU och ökar längre söderut till cirka 15-20 PSU i Kattegatt (Karlsson 2009).

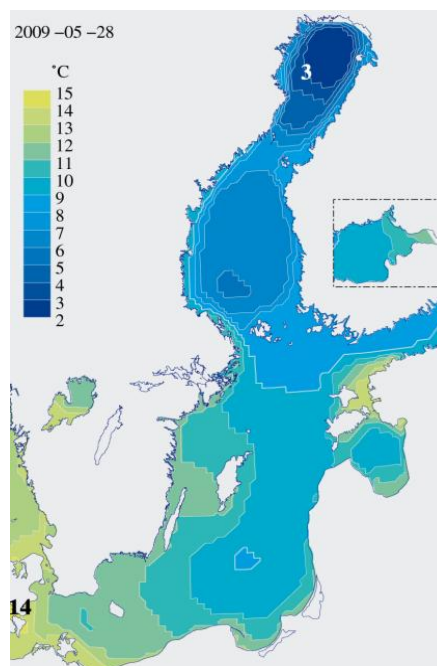
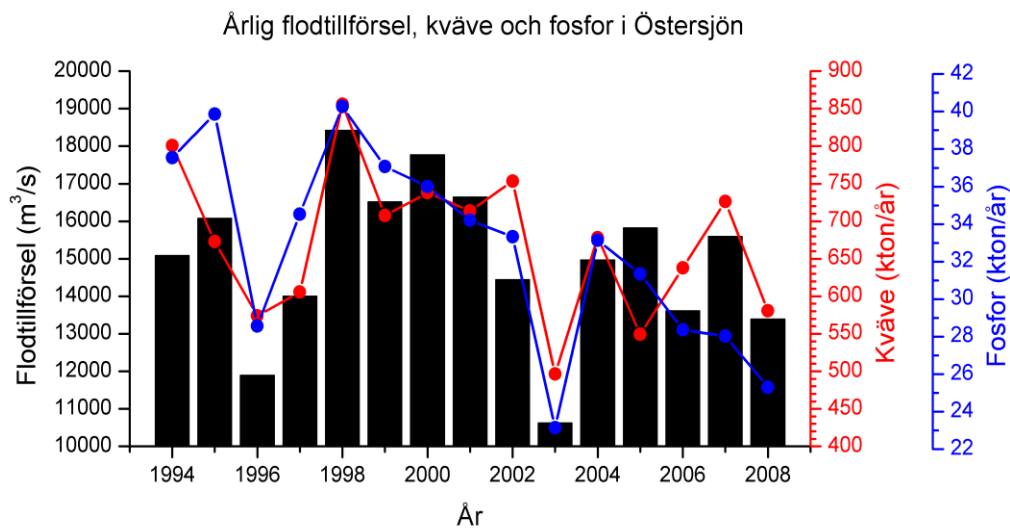


Bild 4. Östersjöns ytvattentemperatur 28 maj 2009 (SMHI, 2009)

Den skiftande vattenföringen, beroende på bland annat nederbörd, påverkar mängden fosfor och kväve som rinner ut i Östersjön och årsvariationen är stor (Figur 1). Höga flöden gör att mer näringsämnen lakas ut från marken (Havsmiljöinstitutet 2011).



Figur 1. Årlig flodtillförsel och mängd kväve och fosfor som tillförs Östersjön direkt eller vattenburet (Havsmiljöinstitutet 2011)

3.2 ÖVERGÖDNING

Övergödning jämföras vanligen med eutrofiering vilket betyder "berikning med näring", och att ett vattendrag är eutroft innebär att ekosystemet är rikt på näring. Ett ekosystem kan vara naturligt rikt på näring utan att skada systemet, men begreppet övergödning syftar i allmänhet på miljöförstöring. Att näringsämnen tillförs havet från marken är en naturlig process och en förutsättning för allt marint liv. De



Bild 5. Övergödning (Foto: Biototal)

De viktigaste näringsämnena i havet är kväve och fosfor som behövs för att fotosyntetiserande organismer ska utvecklas. Näringsämnen är den begränsade faktorn för tillväxten av växt- och djurplankton och den ökade tillförseln ökar produktionen. Problematiken som uppstår är när näringsämnena tillförs i en för stor mängd och ekosystemets karaktär ändras i en ogynnsam riktning (SMHI b 2009) (Bild 5).

En för stor tillförsel av näringsämnena resulterar i en övergödning av vattendraget som utlöser en rad fysikaliska, kemiska och biologiska förändringar i ekosystemet, och även processer i och på bottensedimenten (Havet.nu b u.d.).

3.2.1 BIDRAG TILL ÖVERGÖDNING

I inlandsvatten bidrar främst fosfor till övergödningen (Naturvårdsverket 2007) men för kust- och hav bedöms kväve spela en större roll (Naturvårdsverket 2008). På senare tid har dock fosfor lyfts fram som den viktigaste faktorn för övergödningen av Östersjön (Boesch 2006). Tidigare har det ansetts att problemet med giftiga blomningar av cyanobakterier är orsakat av fosforläckaget men det har visat sig vara orsakat av fosfor och kväve i kombination. Detta beror på att kväve ger en ökad produktion av andra alger vilket leder till fler syrefria bottenar. I de syrefria bottenarna frigörs sedan fosfor som kan användas för tillväxten hos cyanobakterier (Havet.nu b u.d.).

En del kväve och fosfor som rinner ut i Östersjön är av naturligt ursprung, men majoriteten kommer ifrån antropogena källor (Havet.nu b u.d.). De naturliga processerna i jorden medför att de vattenlösliga näringsämnena regelbundet frisätts oavsett antropogen påverkan, så som odling. Enligt Jordbruksverket fick Östersjön under 2009 totalt ta emot 115 700 ton kväve och 3 360 ton fosfor. Ungefär hälften av detta kommer ifrån det naturliga läckaget från skog och mark (Jordbruksverket a 2013). De mest bidragande antropogena källorna är läckage från jordbruk- och skogsmark samt utsläpp från reningsverk och industrier. Det största bidraget till näringsläckaget kommer ifrån jordbruket och gällande de industriella utsläppen står numera massfabriker och pappersbruk för merparten av läckaget. Avloppsreningen i tätorterna och industriernas utsläpp har förbättrats radikalt de senaste tio åren (Havet.nu b u.d.). Av de antropogena källorna kommer 43 % av kvävet och 44 % av fosforn från jordbruket medan 39 % respektive 51 % kommer från punktkällor som reningsverk, avlopp och industrier. Jordbrukets näringsläckage beror främst på att vi odlar marken för livsmedel, djurfoder och bioenergi (Bild 6). Marken innehåller redan stora mängder näringsämnen

och omrörningen som odlingen medför gör att omsättningen i jorden ökar och näringsämnen frigörs. Läckaget från jordbruket ökade i takt med intensiteten av odlingen då jordbruket mekaniserades och mineralgödsel började produceras. Det mesta av näringen tas upp av grödorna men en del hamnar nedanför rotdjupet där den inte kan nås av rötterna. Näringen förs istället vidare till dräneringsvattnet eller till grundvattnet och följer med vattendrag ut till havet. Klimatet har en stor påverkan över hur mycket näring som läcker ut från jordbruket och variationen mellan åren är stor. En hög nederbörd, som i det skandinaviska klimatet, medför att regnet och snösmältningen tar med sig mer näring genom marken och vidare till havet via vattendrag (Jordbruksverket a 2013). Även fast fosforläckaget i absoluta tal är väldigt litet i förhållande till övriga flöden i jordbruket (Aronsson 2013) finns problem med näringsläckaget på sikt. Fosfor är en ändlig resurs och bedömningar säger att tillgången på lättåtkomlig fosfor endast räcker i hundra eller ett par hundra år till. Det är nödvändigt att förbättra kretsloppet och återföra näringsämnen till marken utan att föroreningar ökar (Naturskyddsföreningen 2011).



Bild 6. Vete, en av våra viktigaste jordbruksgrödor (Foto: Karin Bothén)

Nio länder gränsar mot Egentliga Östersjön, Öresund och Kattegatt som är de områden som påverkas mest av övergödningen. Sverige står för 19 % av kvävetillförseln och 13 % av fosfortillförseln till Östersjön. Anledningen till att Sverige släpper ut så pass stora mängder kväve beror på den långa kusten med många vattendrag som mynnar ut i Östersjön. En stor andel av jordarna som lätt läcker kväve finns också i områden med en hög nederbörd. Polen är det land som släpper ut mest näringsämnen till Östersjön, 24 % av kvävet och 36 % av fosfor. Detta beror på att Polen har en stor befolkning, stor jordbruksareal och många djur. All tillförsel från Polen mynnar ut i Egentliga Östersjön där övergödningproblemet är allvarligast (Jordbruksverket a 2013).

Under 70-talet var läckaget som störst, men sedan 1986 har nationella åtgärdsprogram för att minska belastningen funnits (Jordbruksverket a 2013). Att rening av avloppsvatten blev bättre under denna period hade en oerhörd betydelse för att reducera fosfortransporter. Under senare år har också kvävereningen i reningsverken längs kusten blivit bättre till följd av särskilda satsningar. Åtgärdsprogrammen för jordbruket medförde bland annat regler om stallgödselhantering, skatt på mineralgödsel, gödslingsbegränsningar och insatser med rådgivning. Sedan Sveriges inträde i EU finns det även möjligheter till ekonomiskt stöd för diverse miljöskyddsåtgärder så som fånggrödor, vårbearbetning, skyddszoner och anläggning av våtmarker (Jordbruksverket a 2013).

3.2.2 KONSEKVENSER AV ÖVERGÖDNINGEN

Växtplankton är basen för havets näringskedja och förändringar i dess biomassa och artsammansättning påverkar hela havets ekosystem. Övergödningen i Östersjön har bidragit till en ökad alg tillväxt med resultat i minskat siktdjup, ökad utbredning av syrefria bottenar samt en ökad frekvens av skadliga algblomningar (SMHI a 2011) (Bild 7). Algblomning är när planktonalger kraftigt tillväxer och under kort tid bildar stora populationer. Alger är beroende av näringsämnen som kväve och fosfor, men en del kan fixera kväve från



Bild 7. Alger (Foto: Biototal)

luften och behöver endast tillförseln av fosfor. Algblomningarna kan dyka upp under större delen av året men de potentiellt skadliga blomningarna i Östersjön är vanligast under högsommaren (SMHI b 2011). I Östersjön är kvävefixerande cyanobakterier vanligast, och flera arter blommar regelbundet (Bild 8). Flera av dessa arter har förmågan att producera gifter som kan vara skadliga för människor och husdjur (SMHI a 2011). I Östersjön dominerar främst blomningar av två arter cyanobakterier: *Aphanizomenon flos-aquae* och *Nodularia spumigena* (katthårsalg). *Nodularia spumigena* producerar ett gift som kallas nodularin och *Aphanizomenon* kan bilda skadliga blomningar genom massförekomst (SMHI 2010). Symptom som kan uppstå efter kontakt med giftiga alger är hudirritationer, illamående och kräkningar, diarré, feber och ögonbesvär. Husdjur som dricker algbemängt vatten kan bli allvarligt sjuka och dö av förgiftning (SMHI b 2011).

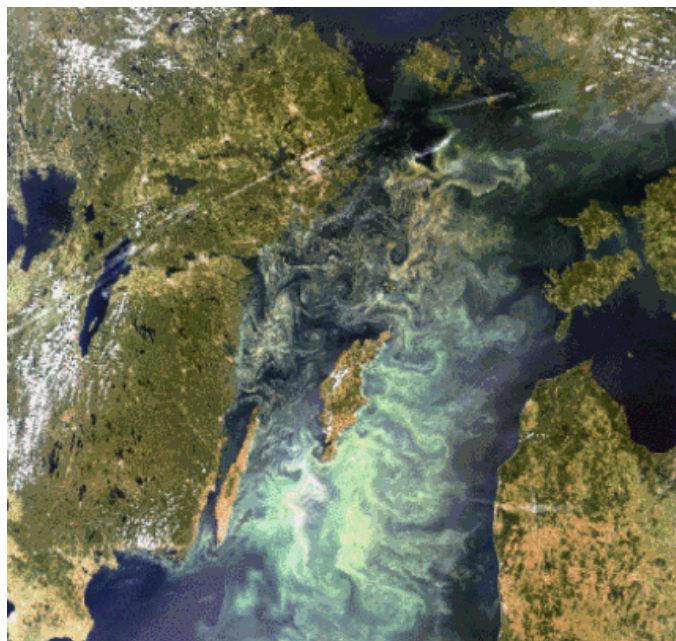


Bild 8. Algblomningen i Östersjön 2005-07-11 från satellitsensorn MODIS (SMHI, 2010)

Övergödningen gynnar vissa marina arter, så som snabbväxande alger och vissa mikroorganismer, medan andra slås ut. Vanlig tång konkurreras ut och Ålgräsängar, som är viktiga miljöer för fiskyngel, drabbas hårt av algernas tillväxt. Plankton och ettåriga, fintrådiga alger gynnas av den ökade näringstillförseln och deras ökade produktion leder till ett minskat siktdjup. Med en begränsad nedträngning av ljus för makroalgerna flyttas tångbältet närmare havsytan. Det gör att produktionen ovanför språngskiktet ökar och en stor del organiskt material sjunker till botten under språngskiktet. Nedbrytningen konsumerar mycket syre och om vattenutbytet mellan skikten är dålig kan syrebrist uppstå (SMHI b 2009). Syre är den viktigaste gasen i havet och är nödvändig för allt högre liv. Vid syrebrist fortsätter nedbrytningen genom att bakterierna utnyttjar sulfat som syrekälla och svavelväte bildas. Svavelväte är giftigt för högre stående organismer och vid höga koncentrationer resulterar det i även i döda bottenar (SMHI c, 2009).

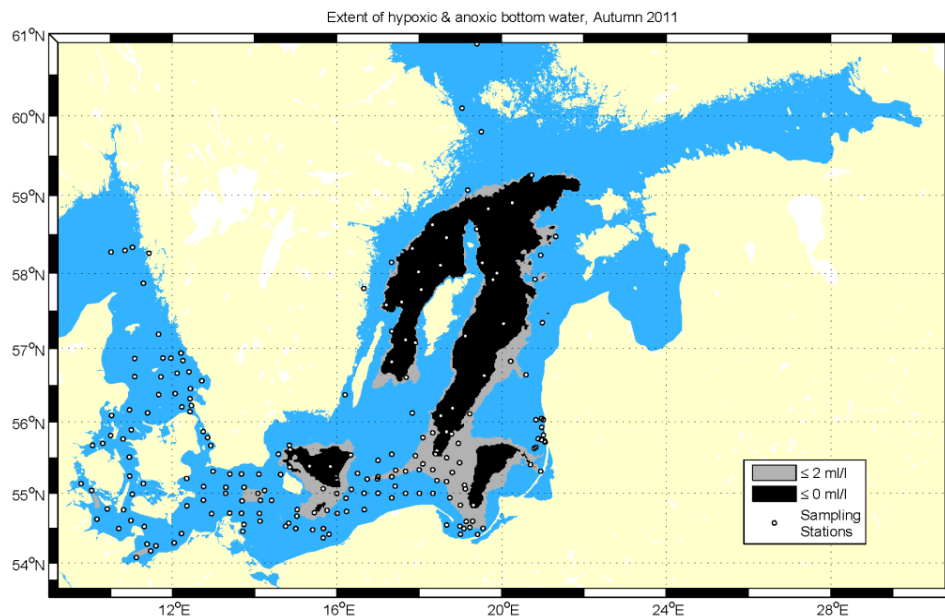


Bild 9. Utbredning av syrefria bottenar (svart) och bottenar påverkade av akut syrebrist (grå) i Östersjön under hösten 2011 (SMHI c, 2009)

Då syrehalten sjunker under 2 ml/l flyr många arter och det giftiga svavelvätet dödar alla kvarvarande bottenlevande djur som inte kunnat fly (SMHI b 2009). Stora delar av Egentliga Östersjöns djupare delar är numera otjänliga livsmiljöer för högre organismer (havet.nu a u.d.) (Bild 9). Vid syrebrist frigörs även fosfor från sedimentet, som annars binds av syret, och stiger till ytvattnet. Fosfor blir då tillgänglig för den biologiska produktionen igen samtidigt som ytterligare fosfor tillförs från marken. Detta ger en sluten negativ cirkel (Havsmiljöinstitutet 2011).

Övergödning orsakar även problem med igenvuxna vikar och en minskning av fria vattenytor (Havs och vattenmyndigheten, 2012). Igenväxning är egentligen en naturlig process under åldrandet av vattendraget men den ökade näringstillförseln påskyndar denna process. I och med att stora vassbälten kan breda ut sig längs stränderna skapas en miljö med en liten variation som kan resultera i att många viktiga biotoper försvinner. Detta ger även en förändrad landskapsbild med konsekvenser för bland annat friluftslivet (Fredriksson 2002).

3.3 VATTENVÄXTERS NÄRINGSUPPTAG

Näringsämnenas överflöd i Östersjön tas inte bara upp av växtplankton. Vattenväxter tar också upp näringen och gynnas av de eutrofa förhållandena (AgroSea c u.d.).

De kväveföreningar som tillförs vattnet från mark, avloppsreningsverk och enskilda hushåll samt deponi från atmosfären är nitrat, ammonium samt kväve som är bundet i lösta och partikulära organiska ämnen, som exempelvis humus och döda eller levande växt och djurdelar. Det är starkt regionbundet i vilken grad dessa föreningar förekommer. I södra Sverige, där jordbruksbygder täcker en större del, dominerar nitrat medan norra Sverige, med den större andelen skogsmark, domineras av löst organiskt kväve. Nitrat är löslöst i vatten och transporteras med hjälp av regn-, grund- och dräneringsvatten. I vattnet kan nitrat, liksom ammonium från avloppsvatten, assimileras av organismer och högre gröna växter. Nitratet omvandlas inne i cellerna och byggs in i organismernas aminosyror och proteiner och utgör sedan en del av biomassan. Kvävet kallas ofta då för organiskt bundet kväve eller partikulärt organiskt kväve. Om det organiskt bundna kvävet inte vandrar vidare i den biologiska näringsväven och byggs in i konsumenternas byggstenar sjunker det till botten och sedimenterar (Tonderski 2002).

Fosfor transporteras som löst fosfat, lösta organiska föreningar och partikelbunden fosfor. Det finns ingen allmängiltig bild på vilken form som dominerar utan det varierar mellan olika miljöer beroende på bland annat markanvändning och jordart. Fosforläckage från jordbruk innehåller dock en högre andel fosfor i partikulär form än läckaget från skogsbruk. Fosforföreningar är kända för att vara mycket reaktiva och bildar komplex med oorganiska och organiska ämnen i jord, vatten och akvatiska sediment. Det gör att tillgängligheten blir låg för de organismer som behöver fosfor som näringsämne. Fosfor saknar en gasfas i sitt kretslopp och det finns alltså ingen biologisk kompensationsmekanism som för kväve. Detta gör att fosfor ofta är det begränsande näringsämnet i sötvattenmiljöer. Fosfat är den form som är direkt tillgänglig för gröna växters upptag medan fosfat bundet till partiklar måste frigöras innan organismerna kan tillgodogöra sig det. Då det ofta är brist på fosfor pågår en intensiv konkurrens om varje molekyl och nytillförd fosfor tas snabbt upp och bildar organiskt bunden fosfor. Under nedbrytningen av växter inlagras fosfor i sedimentet om den inte tas upp av organismer via frigjort fosfat eller transporteras upp i näringskedjan. I akvatiskt sediment kan fosfat transporteras upp i vattnet igen genom diffusion eller andra verksamma mekanismer som bioturbation, gasbubblor, betande djur vid sedimentytan och vindinducerad turbulens (Tonderski 2002).

3.3.1 VATTENVÄXTERS PÅVERKAN PÅ DEN TOTALA NÄRINGSRETENTIONEN

Förutom direkt näringsupptag har vattenväxter positiva effekter på den bakteriella näringsomsättningen och sedimentationsprocessen. För denitrifierande bakterier fungerar växterna som en viktig kolkälla samt tillgänglig yta att kolonisera på (Jordbruksverket 2004). Vid denitrifikation reduceras nitrat till kvävgas eller lustgas som avgår till luften. Denitrifikationsbakterier kan använda koldioxid eller bikarbonat som kolkälla om organiskt material inte finns tillgängligt. Aktiviteten kräver syrefria förhållanden samt en tillgång på nitrat (Tonderski 2002). Vass (Bild 10) gynnar kvävereduktionen då syrgas läcker från rötterna och hjälper ammonium att oxidera till nitrat som genom denitrifikation omvandlas till kvävgas (Skoog 2007). Vattenväxter kan även bidra med att filtrera bort fosforrika partiklar och annat erosionsmaterial samt kvarhålla sedimenterat material när högvattenflöden hotar att leda till resuspension och borttransport av ytskiktet (Tonderski 2002). Då

vatten rinner genom vegetation minskar flödes hastigheten betydligt och sedimentationen ökar samtidigt som att reningsprocessen hinner verka. Växter minskar även risken för erosion och ytterligare läckage av näringsämnen. Det sedimenterade materialet hindras från att transporteras upp i vattenmassan igen på grund av en minskad flödes hastighet och att vegetationens rotsystem stabiliserar marken. Detta spelar speciellt en stor roll i grunda vatten där sediment lätt virvlar upp i vattenrörelserna (Jordbruksverket 2004).



Bild 10. Vass (Foto: Biototal)

3.4 SKÖRD AV VATTENVÄXTER

Vattenväxternas näringsupptag gynnas av eutrofa förhållanden. En ökad mängd organiskt material kan leda till att vattendrag helt växer igen om tillväxthastigheten är större än nedbrytningshastigheten (AgroSea c u.d.). För att motverka igenväxning kan biomassan skördas. Om skörden sker regelbundet och det skördade materialet förs bort från vattnet medför det ett varaktigt bortagande av näringsämnen från vattnet (Jordbruksverket 2004) (Bild 11).



Bild 11. Vasskörd av AgroSea (Foto: Biototal)

Då vegetationen regelbundet skördas och den erhållna biomassan användas kommersiellt, som i biogasproduktion, kan man få en ekonomiskt genomförbar affärsidé. Att skörda vattenvegetation ger även en möjlighet att återföra näringsämnen till åkermarken. Genom detta erhålls ett system med återcirkulering av näringsämnen som därmed bibehålls inom systemet. En långsiktig och effektiv fosforavskiljning kan ofta vara helt beroende av växtskörd. Kväveavskiljningen kan likaså sannolikt förbättras avsevärt med en lämpligt utformad skörd. Detta bygger på att vegetationsproduktionen och växters näringsupptag kan främjas utan att andra processer som bidrar till avskiljningen missgynnas. Man kan alltså genom rätt utformning och skötsel erhålla tre funktioner genom skörd: biomassaproduktion, återvinning av näringsämnen samt en förbättrad näringsavskiljning. En grundförutsättning för att denna metod ska fungera är att erhålla en hög biomassaproduktion samt ett högt näringsupptag av den biomassan som skördas (Tonderski 2002).

Mängden näringsämnen som förs bort genom skörd är beroende av både biomassans storlek samt koncentrationen näringsämnen i denna biomassa. Ur detta har det framgått att biomassans storlek är beroende av näringstillförseln till beståndet på så sätt att vid större näringstillförsel erhålls en generellt sätt större biomassa. Koncentrationen näringsämnen i biomassan ökar vid en hög tillgång på näringsämnen i miljön. När tillgången på näring är stor passar växter på att ta upp mer näring än nödvändigt för att lagra reserver. Om vi skulle kunna utnyttja denna egenhet hos växterna på rätt sätt skulle vi kunna erhålla ett stort näringsupptag i biomassan (Tonderski 2002).

Den totala retentionen genom skörd är svår att bedöma då det finns både för- och nackdelar. Skörd av vegetation kan gynna denitrifikationen dels genom en ökad vattencirkulation med en förbättrad transport av nitrat från syrerika till syrefattiga miljöer, men samtidigt kan det leda till en brist på organiskt material för denitrifikationsbakterierna. Vid en utarmning av växtbestånden minskar mängden syre som rötterna avger vilket kan medföra en minskad nitrifikation samt minskad fastläggning av fosfor i sedimenten (Fredriksson 2002). Skörden bidrar dock till en bättre vattenkvalitet på lång sikt genom ökad syrehalten samt ökat pH-värde. Syrehalten ökar då skörden minskar mängden organiskt material till sedimenten, vilket minskar nedbrytningens syrekrävande process samt genom att vattencirkulationen ökar när vattenflödet inte blockeras av vass (AgroSea c u.d.). Ett förhöjt pH-värde beror på koldioxidassimilation vid växternas fotosyntes (Skogfält och Tilly 2005).

3.4.1 BIOENERGIPRODUKTION AV VÄXTERS BIOMASSA

Bioenergi erhålls ur förnybart organiskt material, biobränslen, som fungerar som energibärare. Det organiska materialet kommer bland annat från olika delar av växter (Världsnaturfonden WWF 2010). Bioenergi räknas som en förnybar energikälla då biomassa nybildas kontinuerligt (Jordbruksverket b 2013). I en biogasanläggning transformeras energin till biogas i en rötningsprocess. Biogasen som består av metan kan användas till el, uppvärmning eller fordonsbränsle. Växtnäring frigörs samtidigt i avfallet och blir till stor del växttillgängligt. Biogasprocessen sker i slutna röt-kammare och tack vare detta stannar växtnäringen kvar i den rötade slutprodukten, så kallat biogödsel. I några biogasanläggningar separeras biogödseln och kan levereras som fast eller flytande. Flytande biogödsel innehåller mer lösta näringsämnen men fast biogödsel innehåller mycket mullobildande ämnen. I stort sett allt biogödsel som produceras i Sverige avsätts inom lantbruket. Biogödsel har visats vara generellt bättre än exempelvis flytgödsel gällande egenskaper som lukt, smittämnen och spridbarhet. Den minskade lukten ger större möjlighet för att sprida biogödsel på åkrar nära bebyggelser (Blom 2012). Rötresten har markförbättrande egenskaper samt visats ha goda egenskaper som gödningsmedel genom den stora andelen växttillgänglig näring varför en anpassning till växternas upptagsperioder kan ske. Mineralnäringen kan därmed återvinnas genom att rötresterna läggs ut på åkermarken. Rötresten bidrar även till en jordförbättring på grund av att den innehåller organiskt material (Tonderski 2002). I praktisk odling har det även noterats en snabbare kvävepåverkan av biogödsel i jämförelse med flytgödsel samt att resultat från markbördighetsförsök har visat på positiv påverkan på markens bördighet och mikroliv (Blom 2012).

Att använda avfall eller restprodukter från jordbruket är ofta det mest optimala alternativet för miljön och klimatet. Givet att produktionen av biobränslen sköts på ett hållbart plan kan bioenergin bidra till vårt energibehov på ett hållbart sätt. Nytt organiskt material ersätter det organiska materialet som förbränns och då fås en bättre balans mellan upptag och avgivning av koldioxid (Världsnaturfonden WWF 2010). Fördelar med att använda restprodukter istället för att odla energigrödor är att det inte konkurrerar med livsmedelsproduktionen, ger inget bidragande växtnäringsläckage och har en lägre insatsenergi (Jordbruksverket b 2013).

Det är även vanligt att biomassan från skördat växtmaterial förbränns och ger aska som restprodukt. I askan finns en stor del av mineralnäringen kvar men kvävet avgår i luften vid förbränningen (Tonderski 2002). Växterna kan även användas som gröngödsel men det är då en stor risk för immobilisering av kvävet vilket gör den direkta gödningseffekten osäker. Vid kompostering av växter avgår en stor del av kvävet och det resterande är till den största delen organiskt bundet kväve och därav inte växttillgängligt (Fredriksson 2002). Biomassan kan även eventuellt utnyttjas för pappersmassaproduktion och forskning pågår i Tyskland kring möjligheter att producera isoleringsmaterial av kaveldun. Generellt omhändertagande av biomassa och återvinning av näringsämnen bör ske så lokalt som möjligt för att undvika transporter som försämrar förutsättningarna samt miljövinster med metoden från början (Tonderski 2002).

3.4.2 SKÖRD AV BLADVASS

Bladvass (*Phragmites australis*), hädanefter benämnt vass, är ett flerårigt gräs som bildar stora, slutna bestånd. Vass består av rhizom, strå, blad och vippa (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011) (Bild 12). Rhizomet lagrar näring och fotosyntetiska produkter som kan användas till nästkommande år (Karlsson 2009). Rhizomet växer horisontellt och bildar nya skott som bidrar till växtens spridning. Den vegetativa spridningen



Bild 12. Bladvass (Foto: Biototal)

medför att större bestånd ofta består av en enda klon och alltså av samma identiska arvsanlag (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011). Vasstrået kan under gynnsamma förhållanden bli upp mot åtta meter med en tjocklek på cirka 30 mm vid basen, men i Sverige blir de sällan över fyra meter och tjockleken är mellan åtta och tio mm (Fredriksson 2002). Vass trivs på ett vattendjup upp till två meter (Harrström 2005) och är en sötvattensart som visar tolerans mot olika tillväxtförhållanden och salinitet. Den klarar en salinitet på 15-20 PSU och >20 PSU om de djupa rötterna når vatten med en lägre salinitet (Karlsson 2009). Vass är en av de dominerande växterna i Europeiska land-vatten gränzoner och med en ökad kvävebelastning har vassutbredningen inom Östersjöns kustzon ökat ur ett historiskt perspektiv (Risén, o.a. 2012). Vass växer ofta i näringsrika områden och sprider sig effektivt vid stor tillgång på näringsämnen (Karlsson 2009).

Enligt en systemanalys av vasskörd är en grov uppskattning av Sveriges vassbestånd cirka 100 000 hektar med cirka 1 kg vass/m² (Risén, o.a., 2012; Fredriksson, 2002). Finska vassbestånd har uppskattats till cirka 30 000 hektar och andra länder kring Östersjön rapporterar också ha bestånd som täcker stora ytor (Risén, o.a. 2012). I provtagningar som gjordes i augusti/september, då maximal skottbiomassa nås, kunde man i Sverige och Danmark se att biomassan uppgick till 2 kg torrvikt/m² i näringsrika våtmarker i Skåne och Danmark. Liknande värden erhöles av kավeldun i Minnesota, USA. Vid studier av tre vassbestånd i Skottland erhöles ännu högre maximal skottbiomassa i det mest näringsrika beståndet (Tonderski 2002). Enligt Ålands landskapsregering har man beräknat att en skörd av tät, grön vass under sommaren tar bort cirka 9 kg fosfor och 100 kg kväve per hektar (Ålands landskapsregering u.d.). Skörd under vintertid är dock inte lämpligt då näringshalten är låg (Tonderski 2002). Ett försök i Skottland där vass skördades visade att den maximala kvävemängden i skottmassan låg över 60 g N/m² i en näringsrik våtmark medan kvävemängden låg under 10 g N/m² i en näringsfattig våtmark. Dessa skillnader är liknande för fosfor. Av detta kan vi se att mängden näringsämnen som kan bortföras beror mycket på näringsbelastningen i vattnet samt vegetationens produktivitet (Tonderski 2002).

Ekologiska effekter

Vassbeståndet fungerar som en viktig biotop för många häckande fåglar (Bild 13). Fågelarter som är knutna till vass är bland annat större arter som, till exempel, vattenrall, rördrom och brun kärrhök samt småfåglar som, till exempel, rörsångare, sävsparv och skäggmes. Ytterligare exempel på arter knutna till vass är skäggdopping och gråhakedopping som bland annat använder materialet för att bygga sina bon. Fågellivet är framför allt rikt i områden där vassbeståndet är uppbrutet av laguner och kanaler. Det beror på att denna livsmiljö ger större variationer och födotillgångar i jämförelse med stora sammanhängande vassområden. Enligt EU:s fågeldirektiv och art- och habitatdirektivet är rördrom och brun kärrhök av ett sådant gemenskapsintresse att särskilda åtgärder krävs för att livskraftiga populationer ska kunna bevaras. Rördromen finns även listad i Artdatabankens rödlista under kategorin *Nära hotad*, vilket innebär en minskning av arten nu eller i framtiden. De allvarligaste hoten på sikt mot de påverkade arterna är en reduktion av vassarealen (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011).

I Östersjön har de flesta fiskarter både sina uppväxt- och lekområden i grunda och skyddade områden med en riklig undervattensvegetation. Det är framförallt under våren som vuxna fiskar befinner sig i de grundare områdena för lek. Gädda leker huvudsakligen i en tätare vegetation och fäster sin rom på bland annat vass. Abborren leker oftast på lite djupare vatten men använder ofta fjolårsvass när den lägger rom. Fiskynglen finner sedan både skydd och föda bland växtligheten. Växternas förmåga att filtrera vattnet ger ett klarare vatten som är viktigt för arter som söker sin föda med hjälp av synen, till exempel gädda och abborre. För täta bestånd kan dock motsatt effekt fås. Fiskynglens förmåga att jaga påverkas då vassen kan bilda i stort sett ogenomträngliga murar och uppvandringen till sötvattnet försvåras. De negativa effekterna kan förbättras genom åtgärder som att återskapa vattenspeglar i bestånden samt upprätthålla kanaler till lämpliga lekområden (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011).

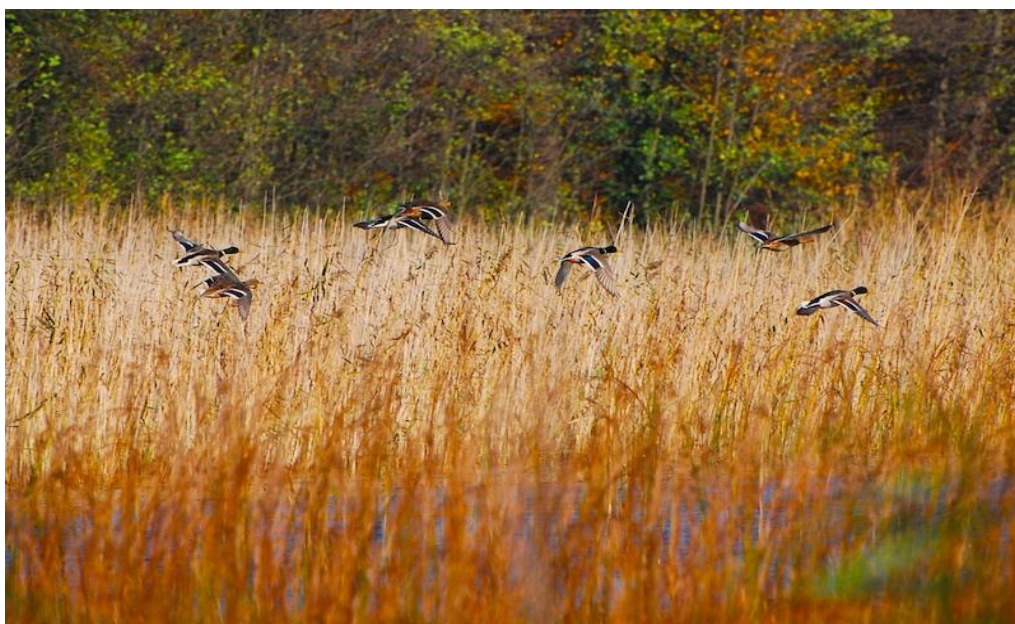


Bild 13. Vass och fågelliv (Foto: Biototal)

3.4.3 ETABLERING AV NYA VÄXTER

Som tidigare nämnt dominerar vass längs den svenska kusten. I detta stycke följer fakta om vattenväxter generellt samt några arter som eventuellt kan konkurrera med vass i näringsupptag samt etablering i ett försök att undersöka om andra arter kan vara mer effektiva näringsupptagare. (Bild 14)



Bild 14. Vattenväxter (Foto: Biototal)

Olika arter har olika krav för groning och tillväxt under vatten och etableringen kan styras av vattennivån. Övervattenväxter, som exempelvis vass och kaveldun, kan inte fotosyntetisera under vattenytan och deras utbredning hålls därav tillbaka av ett högt vattenstånd. Ett gynnsamt förhållande skulle vara att övervattenväxter etableras på de grundare partierna medan undervattenväxter etableras i de djupare partierna. Vegetationsfiltren bromsar flödes hastigheten så att partiklar kan sedimentera och vattnet kommer att komma i kontakt med fler ytor av stjälkar och blad med biofilmer. För en etablering av övervattenväxter bör inte djupet vara mer än 0,5 m medan de djupare partierna bör vara 1- 1,5 m för att missgynna övervattenväxterna och istället gynna undervattensväxterna. Detta ger en varierad växtlighet och minskar risken för kanalisering. En variation i växtarter kan även vara en fördel för denitrifikationen då växterna vissnar vid olika tidpunkter och förmultnar i olika hastigheter vilket förser systemet med en jämnare tillgång på kol (Jordbruksverket 2004). Vid val av vattenväxter bör man vara försiktig då en del arter, speciellt de med ett stort näringsupptag, kan vara mycket aggressiva och på sikt konkurrera ut andra önskvärda arter (Hansson 2008). Om en stor biologisk mångfald värdesätts är det viktigt med en planerad etablering av olika växter samt en noggrann skötsel så att inte de lättetablerade växterna tar över. Växter som bredkaveldun, vass och jättegröe etableras snabbt och är konkurrenskraftiga. De lämpar sig därav mer där reningen prioriteras och den biologiska mångfalden inte är det primära syftet (Skoog 2007). Vass är den mest motståndskraftiga vassväxten i svenska våtmarker, den tål stora vattendjup, har en stor rotmassa och konkurrerar väldigt bra med andra vattenväxter. Om området har ett vattendjup på mer än 20-30 cm kan det därför vara en bra idé att ha större andelen vass (Harrström 2005).

Driftsättning och etablering av växterna är väldigt relevant för bra reningsverkan (Harrström 2005). För att styra vegetationsutveckling kan vattenväxter planteras. Detta är tidsödande och kostsamt, men då vegetationen är så pass viktig för reningsförmågan kan det ändå vara motiverat. Plantering kan göras på olika delområden som sedan får fungera som spridningszoner till resterande yta. Vid användning av hela naturliga bestånd krävs dock tillstånd från länsstyrelsen och fridlysta arter får inte grävas upp (Jordbruksverket 2004). Om spontan kolonisation utnyttjas kan risken vara att man kan få in oönskade arter som konkurrerar ut de mer effektiva växterna och därmed påverkas funktionen. Vissa frön, från exempelvis kaveldun, kan sås under våren genom att frön blandas ut med sågspån och sedan sprids med jordbruksmaskiner. Undervattenväxter kan spridas med givarsediment med vilande frön kombinerat med planering av skott (Harrström 2005). Vissa undervattenväxter, exempelvis hornsärv (*Ceratophyllum demersum*), slingor (*Myriophyllum spp.*) och vattenpest (*Elodea canadensis*) kan etableras genom att sprida skottbitar. Vattenväxter kan även etableras genom givarfröbanker där sediment innehållandes en aktiv fröbank med en välutvecklad vattenvegetation sprids. Denna metod är relativt billig och ger samtidigt snabbare etablering och ett mer varierat artsamhälle i jämförelse med planerad eller naturlig spridning (Jordbruksverket 2004).

Lämpliga vattenväxter:

Veg Tech säljer olika produkter inom vegetationsteknik, bland annat växter för vattenrening. I deras produktkatalog finns olika arter som kan användas beroende på reningssynpunkt (Tabell 1). De riktar sig främst till våtmarker och rening av dagvatten (Veg Tech AB u.d.).

Tabell 1. En sammanställning av vattenrenande växter ur Veg Techs produktkatalog (Veg Tech AB u.d.)

Släkte/ art:	Höjd (cm):	Utbredning i Sverige:	Kan växa i:	Egenskaper:	Blomning:
Bladvass (<i>Phragmites australis</i>)	100-400	Hela landet	Fukt- & sumpzon, Grunt & djupt vatten Kalkrikt vatten	Kraftigväxande Tålig Beståndsbildande Erosionsskyddande	Aug-sept
Kaveldun (<i>Typha sp.</i>) Ex. Bredkaveldun (<i>Typha latifolia</i>) & Smalkaveldun (<i>Typha angustifolia</i>)	Artberoende Bred- och smalkaveldun: 100-200	Södra delarna	Sumpzon Grunt vatten	Kraftigväxande Tålig Erosionsskyddande Beståndsbildande	Juli-aug
Starr (<i>Carex sp.</i>) Ex. Vasstarr (<i>Carex acuta</i>)	Artberoende Vasstarr: 30-120	Artberoende Vasstarr: Hela landet utom fjällen	Kalkrikt vatten Saltvatten Vasstarr: Sumpzon	Kraftigväxande Tålig Erosionsskyddande Långväxande	Artberoende Vasstarr: Juni- juli
Älgört (<i>Filipendula ulmaria</i>)	50-150	Hela landet	Fukt- & sumpzon	Kraftigväxande Tålig	Juni-aug
Gul svärdslija (<i>Iris pseudacorus</i>)	50-120	Södra delarna	Fukt- & sumpzon Grunt vatten Kalkrikt vatten	Kraftigväxande Tålig Erosionsskydd Beståndsbildande	Juni-juli
Fackelblomster (<i>Lythrum Salicaria</i> L.)	40-150	Södra och mellersta delarna	Fukt- & sumpzon Kalkrikt vatten Saltvatten	Kraftigväxande Tålig Erosionsskyddande	Juli-aug
Säv (<i>Schoenoplectus lacustris</i>)	100-300	Hela landet	Sumpzon Grunt och djupt vatten	Kraftigväxande Tålig Erosionsskyddande Beståndsbildande	Juni-juli
Jättegröe (<i>Glyceria maxima</i>)	90-250	Södra delarna	Sumpzon Grunt vatten	Kraftigväxande Tålig Erosionsskyddande Beståndsbildande	Juli-aug
Rörflen (<i>Phalaris arundinacea</i>)	70-200	Hela landet	Fukt- & sumpzon Grunt vatten Kalkrikt och kalkfattigt vatten	Beståndsbildande Erosionsskyddande	juni-juli
Tåg (<i>Juncus sp.</i>) Ex. Knapptåg (<i>Juncus conglomeratus</i>) & Veketåg(<i>Juncus effuses</i>)	Artberoende Knapptåg: 30-120 Veketåg: 40-120	Södra och mellersta delarna	Fukt- & sumpzon Artberoende Knapptåg: Kalkrikt vatten Veketåg: Kalkfattigt vatten	Erosionsskyddande Artberoende Veketåg: Beståndsbildande	Artberoende Knapptåg: Juni-juli Veketåg: Juni-aug

Övervattensväxter (Helofyter):

Helofyter har generellt ett stort näringsbehov och tar upp näring från sedimenten. Deras storlek är en fördel då de skuggar för andra primärproducenter. Växtarter som är bra näringsupptagare är bland annat kaveldun och jättegröe. Helofyter växer längs strandlinjen och i grunda vatten (Hansson 2008) och den rotade vegetationen utsöndrar syre till sedimentet. Perenna växter, exempelvis vass och kaveldun, ackumulerar polysackarider i rötterna vilket gör att de kan ha en aktivitet även under kallare årstider även om den är begränsad (Bötter 2003). I Sverige är övervattenvegetationen aktuell i våtmarker då det är denna vegetationstyp som kan uppvisa en hög biomassaproduktion även fast marken är helt dränkt eller täckt av en vattenyta. Arter som förekommer i Sverige och kan uppvisa en hög produktion är vassbildande arter, som exempelvis vass, kaveldun och jättegröe (Tonderski 2002). I föregående avsnitt nämns vass genomgående. Här följer förslag på alternativ vattenvegetation som möjligtvis skulle kunna etableras som alternativ till vass.

Jättegröe (*Glyceria maxima*)

Jättegröe är ett mycket storväxt gräs med krypande jordstam. Den växer i vatten och bildar vidsträckta bestånd som kan konkurrera med vass i mäktighet. Stråna kan bli upp mot tre meter höga och blommar i juli-augusti (Naturhistoriska riksmuseet 2009). Jättegröe trivs på ett vattendjup upp till två meter och har en hög produktion av biomassa (Harrström 2005). Jättegröe är en vanlig art i Sverige och breder ut sig i näringsrika vattendrag i Syd- och Mellansverige (Naturhistoriska riksmuseet 2009).

Kaveldun (*Typha*)

Kaveldun förekommer i nästan hela Sverige där det finns två sorter; bredkaveldun (*Typha latifolia*) och smalkaveldun (*Typha angustifolia*). Kaveldun tillhör några av de mest produktiva våtmarksväxterna. Det är lätt att få den att trivas i grundare vattenmiljöer och på grund av den allmänna förekomsten är det lätt att hitta frön att så. Kaveldun kan inte föröka sig och trivs dåligt på ett vattendjup över 0,5 m (Harrström 2005). I provtagningar på maximal biomassa i Minnesota, USA, visade det sig att kaveldun fick liknande värden som vass på 2 kg torrvikt/m² (Tonderski 2002).

Rörflen (*Phalaris arundinacea*)

Rörflen är ett flerårigt gräs med ett styvt och kraftigt strå som kan bli upp till 2 m högt. Den har breda blad och en lång vippa. Rörflen växer vilt i större delen av landet (Glommers Miljöenergi AB 2008) och är mycket vanlig i fuktiga områden över hela Sverige där den växer på sjö- och havsstränder, fuktängar, i diken och liknande miljöer (Naturhistoriska riksmuseet 2009). Rörflen fungerar som tidigare nämnda vattenväxter genom att bilda skott från rhizomet under varje år och kan betraktas som en vassbildande våtmarksväxt genom dess tolerans mot att marken blir vattendränkt (Harrström 2005). Rörflen är ett mycket uthålligt gräs som kan ge en hög avkastning under lång tid, minst 10-15 år. Beståndet är inte fullt utvecklat första året vilket ger en låg skörd men avkastningen ökar under de följande åren då beståndet med tiden blir tätare och kraftigare. Skördemängden på rörflen som energigröda är i genomsnitt cirka 7,5 ton ts/ha. För bruttoenergiproduktionen ger denna torrsbstans 36 MWh per hektar och år (Aldén 2006). Rhizomet skjuter nya skott på våren och försommaren, rörflen växer därav ofta i stora täta samlingar och är grönt långt in på hösten. Vid vårskörd får rörflen växa ostört hela vegetationsperioden och detta ökar även livslängden mer än en höstskörd. Under hösten omlokaliseras näringen från blad och strå till rhizomet. På så sätt överlever den vintern och möjliggör en snabb tillväxt på våren (Glommers Miljöenergi AB 2008). Rörflen har en hög produktion biomassa (Harrström 2005) och lämpar sig, precis som vass, till biogasproduktion

(Tonderski 2002). Rörflen är som energigräs det mest lovande gräset för biobränsleproduktion och fiberråvaror (Glommers Miljöenergi AB 2008).

Kringflytande arter (Lemnider):

Lemnider får sitt näringsupptag direkt från vattnet och konkurrerar därför till en stor del med alger. De växter som täcker vattenytan med blad, till exempel andmat, skapar skugga för algerna (Hansson 2008).

Andmat (Lemna minor)

Andmat är en liten vattenlevande ört med flytande skott. Enskilda skott kan bli upp till en centimeter långa och växer ibland sammankopplade i långa kedjor. Den är lätt att hitta då den växer i stora massor och flyter på vattenytan. De blommar sällan och sprider sig huvudsakligen vegetativt. Andmat finns naturligt i Sverige och är vanlig i de södra och mellersta delarna. Den växer i stillastående vatten som till exempel dammar och diken (Naturhistoriska riksmuseet 1999). Andmat etablerar sig lätt och växer tidigt vid låga temperaturer. Den tål förorenat vatten och har ett högt näringsupptag. Då den breder ut sig bildas en tät matta på ytan som försvårar atmosfärens luftutbyte med vattnet. Detta är en nackdel för de syrekrävande processerna, som nitrifikation, men en fördel för denitrifikationsprocessen (Bötter 2003). Arter från Lemnaceae-familjen är vitt spridda i ekologiska projekt för att rena avloppsvatten och övergödda vattendrag. Detta beror på att de har en hög biomassaproduktion och kan växa i vatten med en hög koncentration av kväve (Ying Fang, o.a. 2007). Det finns även ett närstående släkte, storandmatar (*Spirodela*) som har flera rötter från varje skott och större bladskivor än andmat. Den är ganska ovanlig och förekommer mellan Skåne och Uppland. Den växer i näringsrika och stillastående vatten (Naturhistoriska riksmuseet 1998).

Bottenlevande växter, kortskott (Isoteider) och undervattensväxter, långskott (Eledoider):

Isoteider kräver näringsfria och klara vatten och är därav känsliga för algblooming (Hansson 2008). De hindrar dock, till skillnad från vissa flytande vattenväxter, inte syrgasutbytet. De bidrar istället till en ökning av vattnets syrenivå genom fotosyntesen (Bötter 2003).

Flytbladsväxter (*Nymphaeider*):

På ett djupare vatten kan flytbladväxter användas, samtidigt som de syresätter vattnet hindrar de solens penetration vilket hämmar alg tillväxten (Skoog 2007). Nymphaeider har näringsupptaget både direkt ur vattnet och ur sedimentet. Även dessa växter skapar en skugga för algerna (Hansson 2008).

3.4.4 OPTIMERING AV VATTENVÄXTERS NÄRINGSUPPTAG

Enligt Jordbruksverkets rekommendationer för våtmarker är den viktigaste förutsättningen för växternas näringsupptag en hög koncentration näringsämnen. Med en längre uppehållstid av vattnet hinner växterna ta upp en större andel av näringsämnena. Dessa förutsättningar påverkar samtliga processer i vattnet, både upptag, denitrifikation och sedimentation. Samtliga processer gynnas av en så pass grund botten att en riklig vegetation kan etableras samt att vattnet snabbare värms upp på våren. Växtligheten runt ett våtmarksområde ger ett vindskydd som är positivt för den hydrauliska effektiviteten och vattentemperaturen samtidigt som den minskar risken för erosion och resuspension genom mindre vågor. Det kan dock vara motiverat att hålla nere tillväxten buskar och träd på sydsidan då den bidragande skuggningen sänker temperaturen och kan hämma tillväxten (Jordbruksverket 2004).



Bild 15. Vägning av vass (Foto: Biototal)

Optimal metod och tidpunkt för skörd av vattenväxter

Den totala biomassan som kan skördas varierar kraftigt mellan åren, även inom bestånden. Det är därför viktigt att ha kunskap om hur denna variation i produktion uppkommer för att kunna erhålla en hög biomassaproduktion (Bild 15). Ett exempel på en faktor som hämmar produktionen är förekomsten av gamla strån, så kallade vinterståndare. Om dessa avlägsnas erhålls en högre produktion vilket alltså är en metod som kan förbättra skördeutfallet vid upprepade skördar (Tonderski 2002). Dock kan detta öka risken för att skotten drabbas av frostsador (Fredriksson 2002). Genom att skörda på rätt sätt kan man påverka vassens återkomst (AgroSea c u.d.). Om avsikten är att varje följande år skörda vass och ta bort den maximala näringsmängden bör vassen slås ovanför vattenytan. En skörd under vattenytan skulle istället medföra att vassen helt försvinner efter ett antal år på grund av att syretillförseln till den ihåliga jordstammen minskas (Ålands landskapsregering u.d.) samt att rhizomet dränks (Fredriksson 2002).

För att inte riskera ett ökat näringsläckage från tillrinnande vattendrag bör man inte skörda bort all vass. En sparad bård eller annat mönster av vass kan främja biodiversiteten och även bibehålla retentionen genom det direkta näringsupptaget (AgroSea c u.d.). För att inte påverka den biologiska mångfalden negativt bör skörden ske sent under vegetationsperioden så att de växter som vill gynnas hinner fröa av sig samt för att visa hänsyn till groddjur och häckande fåglar (Jordbruksverket 2004). Det finns restriktioner över vilken tid under året som skörd får ske för att inte påverka exempelvis fågelkläckning och fiskelek (AgroSea c u.d.). Det bör eftersträvas att slamma upp så lite botten sedimentet som möjligt för att få ett så litet näringsläckage som möjligt. Det kan vara lämpligt att upprätta en bård av vass mot det öppna vattnet som fungerar som en vågbrytare och förhindrar uppslamning och borttransport av sediment (Ålands landskapsregering).

Vattenväxterna erhåller den största biomassan under blomningen. Under denna period är även den största mängden näring bunden till de ovanjordiska delarna av exempelvis vass. Av dessa anledningar är alltså den ultimata tidpunkten för skörd under växternas blomning. Dock kan skörd under

blomningen bidra till att vassen minskar för varje år och till slut försvinna helt (Ålands landskapsregering).

Tonderski, 2002, hävdar att möjligheter för en större avkastning genom två skördar kan vara begränsande för vass och jättegröe. Den första skörden måste i sådana fall ske under den tidigare halvan av juni då en skörd i slutet av juni visade att den andra skottomgången inte hann växa till sig tillräckligt mycket för att det totala skördeutfallet skulle öka vid två skördar i jämförelse med en skörd. En experimentell skörd av jättegröe under två år visade att den årligen producerade biomassan sjönk det andra året vid två och tre skördar i jämförelse med ingen skörd. Detta visar att det inte är troligt att fler skördar per år ger en högre biomassa. Under Svenska förhållanden är alltså möjligheterna med flera skördar för ökad biomassa relativt begränsad men mängden näringsämnen som tas upp är annorlunda. Då näringskoncentrationen i unga skott är betydligt högre än i äldre skott kan fler skördar per år vara ett bra sätt att hålla näringskoncentrationen i skördad biomassa hög. Betydligt högre koncentration näringsämnen i unga skott gör alltså att mängden skördade näringsämnen kan höjas betydligt med två skördar per år trots att mängden biomassa endast påverkas marginellt. Antalet skördar påverkar även andra egenskaper hos den skördade biomassan. Proportionen av rötbart organiskt material i skördad biomassa ökar hos rörflen om antalet skördar ökar per år. Det är därav sannolikt att man genom att skörda vass två gånger per år istället kan höja både mängden näringsämnen samt energiutbytet vid biogasproduktion även om mängden skördad biomassa inte påverkas mer än marginellt (Tonderski 2002). Hosoi m.fl., 1998, hävdar att två skördar per vegetationsperiod leder till en 50 % högre bortförsel av kväve och en dubbelt så hög bortförsel av fosfor i jämförelse med endast en skörd i slutet av vegetationsperioden. Güsewell, 1998, hävdar dock att två skördar istället för en kan ge en ökning så stor som 90 % för kväve och 181 % för fosfor. De ekologiska konsekvenserna och effekterna anses dock vara oklara. Fredriksson, 2002, menar att under dessa förutsättningar skulle 90 kg N/ha och 9 kg P/ha årligen kunna föras bort. Olika effekter av skörden på återväxten har enligt Fredriksson, 2002, undersökt i flera studier som bland annat visade att om skotten skars under vattenytan i början på sommaren resulterade det i en kraftigt minskat tillväxt även 4-5 år efter skörden. Om skörden istället utfördes i augusti gavs en återväxt på 77-83 % och efter 4-5 år fanns ingen skillnad i tillväxten biomassa. Slutsatsen som drogs av detta var att skörd av vass i augusti inte påverkade återväxten följande sommar. Detta förklaras med att tillväxten avstannat samt att rhizomet vid denna tidpunkt har ett relativt stort förråd av energi lagrat. Det är tvetydigt om det ger effekter på tillväxten beroende på vart vassen skurits av. Husák, 1978, påstår att det har betydelse och att vid en lägre skärpunkt bidrog till en halverad tillväxt efter två år.

Optimal tidpunkt och metod för skörd av vass

Under våren tillväxer strået snabbt men tillväxten avstannar i augusti-september (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011). Till en början utnyttjas näringen som redan finns i rhizomet och är oberoende av fotosyntesen (Karlsson 2009). Vassen tar därefter effektivt upp näringsämnen från området den växer i. Detta upptag är framförallt stort under tillväxtperioden, fram till september. Vass kan ta upp näring både från botten och direkt ur vattnet genom specialiserade vattenrötter. Näringsupptaget från vattnet kan ibland vara större än upptaget från botten (Ålands landskapsregering u.d.). Halten växtnäring i de ovanjordiska delarna kulminerar under juli-augusti och för ett maximalt bortförande av näringsämnen ur systemet bör skörd ske under denna tidpunkt. Efter detta hinner växtnäringen transporteras ner till rhizomet eller frigöras ut i vattnet (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011). Näringen transporteras tillbaka till jordstammarna för att utnyttjas igen nästa år. En del av näringen

tillförs också vattnet från nedfallande blad och, speciellt i täta vassbestånd, recirkulerar näringen. En viss del av näringen kommer läcka ut från vassbeståndet, direkt eller genom att växtdelar flyter bort. En tät vass fungerar således som en effektiv kväve- och fosforfälla (Ålands landskapsregering u.d.).

Vassbildande arter, som vass eller kavelkun, kräver en årlig skörd på grund av att de övervintrar med rhizomet, som varje år bildar ettåriga skott. Vid regelbunden skörd av vassvegetation i slutet av vegetationsperioden borde inte rhizomet utarmas på näring och energi då upplagringen i rhizomet främst sker tidigare under sommaren (Tonderski 2002). Om vassen skördas för tidigt under vegetationsperioden hinner den inte bygga upp ett förråd av kolhydrater i rhizomet och detta kan påverka återväxten följande år. Vass kan eventuellt skördas två gånger per år för att optimera borttaget av näring, men om detta är de ekologiska konsekvenserna ännu oklara. Återväxten av vass kan i vissa fall bero på hur högt på strået den kapas samt sedimenttyp och botten. Vass är en mycket variabel art och den genetiska variationen mellan olika bestånd kan vara stor. En uppföljning av vassens kommande förmåga till återväxt är viktig så att inte bestånden utarmas. En reducerad återväxt skulle kunna medföra att kapaciteten för näringsupptag minskar och en större mängd näringsämnen förs ut till öppet hav (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011). På samma sätt är kunskapen om en reducerad återväxt viktig i de fall man vill minska vassens utbredning, på exempelvis badplatser.

Maskiner och utrustningar för skörd av vass och eventuellt andra vattenväxter

På grund av att den svenska kusten ofta är stenig och ojämn försvåras användningen av vissa typer av maskiner. AgroSea använder sig av en så kallad Truxorbåt när de skördar vass (AgroSea a u.d.) (Bild 16). Deras val av maskin beror på att den är amfibiegående, liten och kommer åt bra i snäva miljöer samt på grund av att AgroSea har en bra kontakt med entreprenörerna (Fransson 2013). Med Truoxrbåten kommer de lättare tätt inpå vassen och verktygen kan anpassas beroende på arbetet som behövs. Vassen klipps av ovan eller under









Bild 16. Vasskörd med en Truxorbåt (Foto: Biototal)

vattenytan. Vassen samlas sedan upp på land och ensileras innan den transporteras vidare till en lagringsplats eller direkt till biogasanläggningen (AgroSea a u.d.). Vid skörd med maskiner i strandnära, grunda miljöer finns det en risk att sedimenten påverkas och att grumling samt spridning av näringsämnen och föroreningar sker. Grumling kan innebära ett ändrat ljus klimat samt att det upprörda bottenmaterialet avsätts på växter och botten. Detta leder till att vegetationen och bottenfaunan påverkas negativt. Vissa fiskarters sökning efter föda kan påverkas samt, om grumlingen sker under fiskelek, kan reproduktionen påverkas genom att rommen täcks av sediment. Påverkans omfattning påverkas av bland annat skördemetod, maskiner, djup och tidpunkt för skörd. Grumling kan minimeras genom att använda olika tekniska lösningar så som exempelvis siltduk eller geotextil. Då vassen fungerar som ett filter för partiklar finns också risk för ett grumligare vatten då den avlägsnas (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011). Det är även viktigt att rhizomet skyddas mot skador under skörden för en fortsatt bra återväxt (Fredriksson 2002).

Krav på maskiner och utrustning för vasskörd är att vassen ska kunna klippas och samlas upp i vatten, i strandlinjen och på land. Detta måste kunna göras i befintlig terräng utan att skada den och utan att i onödan grumla vattnet, skada botten eller vattenvegetationen. I vattnet används båtar eller amfibiefarkoster. Nackdelen med båtar är att de får in vass i propellrarna med driftstörningar som följd men i gengäld är de snabba. Amfibiefarkoster har inga problem med vass i drivsystemen men är långsamma. I strandlinjen användes amfibiefarkoster och hjul- eller banddrivna specialmaskiner med ett mycket lågt marktryck. Amfibiefarkosterna är även här långsamma, men mer flexibla. De europeiska maskinerna är vanligtvis små, lätta amfibier eller båtar. Amfierna drivs av larvband eller hjul medan båtarna drivs med skruvar. Nordamerikanska maskiner är stora, djupgående och har som regel inbyggd uppsamlare. De drivs alla med skovelhjulsdraft (Seaside Consulting AB 2010). Här följer några exempel på maskiner med inbyggd uppsamlare (Tabell 2):

Tabell 2. Några exempel på maskiner för vasskörd (Seaside Consulting AB, 2010)

Tillverkare:	Drivsystem:	Maskintyper:	Bild:
Alphaboats	Skovelhjul	Flera olika	
Aquatic Weed Harvester Company	Skovelhjul	Flera olika	
Inland Lake Harvesters Inc	Skovelhjul	Flera olika	
Kingcombe Aquacare Ltd	Skrubar	En maskin	
Texas Aquatic Harvesting Inc	Skovelhjul	Flera olika	 MODEL 800
Weedharvester	Skovelhjul	Flera olika	

Skötsel av vattenvegetation

En måttlig skörd medför en god återväxt och stimulerat näringsupptag (Tonderski 2002). Effekten av näringsupptaget förstärks i viss mån av regelbunden skörd. Så länge växternas biomassa ökar sker en ackumulering av näringsämnen i växterna. För att reducera stora mängder näringsämnen genom växternas upptag behöver vegetationen skördas och föras bort från vattnet men det är viktigt att detta inte försämrar förutsättningarna för andra processer, som denitrifikation och sedimentation som också har en stor betydelse för en minskning av övergödningen. Dessa förutsättningar innebär bland annat att inte förstöra biofilmens yta eller dämpa flödes hastigheten allt för mycket då resuspensionen försämras (Jordbruksverket 2004).

Den vattenrenande förmågan hos växter försämras av igenväxning (Jordbruksverket 2004). För ett optimalt näringsupptag av vattenväxterna ska kanalisering och zoner med stillastående vatten undvikas. En riklig vegetation är gynnsam men om klonbildande växter som vass och kavel dun får breda ut sig ohämmat ökar risken för kanalbildning. Vattnet blandas i djuphålorna så att kanalisering av vattenflödet motverkas (Jordbruksverket 2004). För att motverka utkonkurrens av denna typ krävs ett kontinuerligt underhåll av bestånden. Skötseln löses lämpligen med skörd eller bränning om inte skörden är av intresse. Bränningen har visats gynna vissa växtarters fröproduktion om den genomförs med ett intervall om cirka tre år (Harrström 2005). Vidare kan en regelbunden skörd minska skador som orsakas av insekter och svampar. Detta kan leda till både en ökad och minskad konkurrens från andra vattenväxter (Fredriksson 2002).

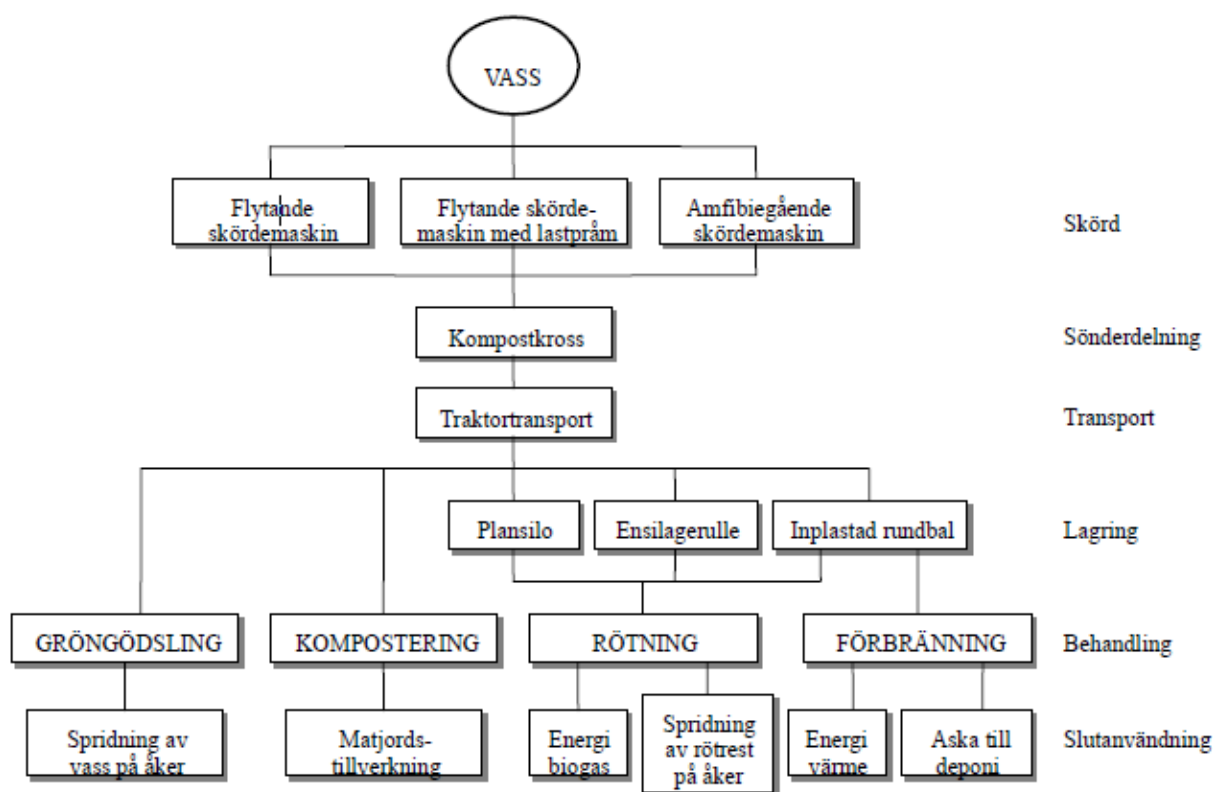
Fosfor som tidigare sedimenterats riskerar efter en tid att läcka ut. På botten där det sker en omfattande sedimentation kommer det på sikt grundas upp så pass mycket att retentionen av kväve och fosfor försämras. Det är då nödvändigt att gräva bort en del av sedimentet. Intervallet mellan uppgrävning av sediment beror på ursprungsdjupet och sedimentationen. Denna utgrävning av sediment kan dock vara negativ för denitrifikationen då sedimentlagret med en etablerad biofilm för denitrifikation förs bort. Det kan även vara en negativ åtgärd om det leder till en minskad tillgång på kol för denitrifikationsbakterierna (Ålands landskapsregering u.d.). Omhändertagandet av sediment har dock ännu inte varit aktuellt men då det kan bli vanligare i framtiden bör det undersökas. Problem med användningsområden för sediment är exempelvis föroreningar i form av tungmetaller som kan göra det olämpligt att sprida på åkermark (Jordbruksverket 2004).

3.5 TIDIGARE FÖRSÖK

I denna del redovisas två tidigare försök som gjorts på vasskörd.

STORSKALIG SOMMARSKÖRD AV VASS – ENERGIÅTGÅNG OCH KOSTNADER OCH FLÖDEN AV VÄXTNÄRING FÖR SYSTEM MED SKÖRD OCH EFTERFÖLJANDE BEHANDLING

I denna rapport beskrivs ett treårigt projekt i Lidköpings kommun där 160 hektar vass årligen skördades under sensommaren och där cirka 14 ton kväve och 1,4 ton fosfor bortfördes med biomassan. Tanken med projektet var att föra bort organiskt material och växtnäring och skapa förutsättningar för ett varaktigt skördesystem för vass. Målet var att skapa bättre miljöförhållanden både i vattnet och på bottenarna samt att öka värdet för alla som utnyttjar området. Syftet med denna rapport var att utreda möjliga system för skörd samt efterföljande behandling- och avsättningsmöjligheter. Olika tekniska lösningar studerades med avseende på energiåtgång och ekonomi samt växtnäringens flöden. De tekniska lösningar som studerades sträcker sig från skörd av vass till slutanvändning av uppkomna produkter (Fredriksson 2002) (Figur 2).



Figur 2. Flödesschema över studerade systemlösningar (Fredriksson, 2002)

Under sommaren skördades vass med flytande eller amfibiegående skördemaskiner. Kapaciteten för skörden av de studerade maskinerna visade sig vara låg på grund av dålig lastkapacitet samt en hög vattenhalt i det skördade materialet. Sönderdelning av skörden visade sig vara nödvändigt för en fortsatt hantering, där användningen av en kompostkross studerades. Det sönderdelade materialet transporterades med traktor till vidare hantering. Olika förutsättningar för avsättning av vassen undersöktes: grüngödsel, kompostering, rötning och förbränning (Fredriksson 2002).

Då det skördade materialet inte alltid kan behandlas i direkt anslutning kan lagringsåtgärder krävas för längre hållbarhet. Ensilering i plansilo, inplastad rundbal och ensilagekorv studerades. Fyra olika

systemlösningar baserade på olika avsättnings- och behandlingsalternativ jämfördes. Förbränning och rötning av vass visade båda positiva energibalanser, det genererades alltså mer energi än vad som förbrukades. Förbränningen visade den mest positiva energibalansen med 10,24 MJ/ kg torrs substans trots höga insatser av energi i form av transport, lagring och behandling. Rötning har en lägre energiinsats men gav ändå en lägre energibalans på 4,36 MJ/ kg torrs substans. Kompostering och grüngödsel visades vara mindre fördelaktiga, båda uppvisade negativa energibalanser på -0,32 respektive -0,28 MJ/ kg torrs substans. Kostnadsmässigt visade sig dock grüngödsel vara mest fördelaktigt medan förbränning var den minst fördelaktiga. Vid en avsättning av producerad biogas som drivmedel för av personbilar skulle dock rötningen kunna bära sina kostnader (Fredriksson 2002) (Tabell 3).

Tabell 3. Energibalanser (MJ/kg skördad ts) (Fredriksson 2002)

Aktivitet	Rötning	Förbränning	Kompostering	Grüngödsling
Skörd	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
Sönderdelning	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15
Transport	-0,11	-0,11	-0,07	-0,03
Lagring	-0,08	-0,19	0	0
Behandling	-0,67	-1,54	-0,05	0
Genererad energi	+5,19	+12,33	0	0
Handels gödseltillv.	+0,31	0	+0,11	+0,08
Spridning	-0,04	0	-0,06	-0,07
Summa	+4,36	+10,24	-0,32	-0,28

Enligt Fredriksson, 2002, sägs det generellt sätt att halten näringsämnen är högre i bladen än i stråna (Tabell 4).

Tabell 4. Vassens innehåll av växtnäring i augusti (Fredriksson 2002)

Växt del	Kväve	Fosfor	Enhet
Strån	3,39	0,63	g/kg ts
Blad	25,73	1,69	g/kg ts

Studien visar att störst reningseffekt kan uppnås vid två skördar per vegetationsperiod. Skotten skördas då under tillväxtfasen när koncentrationen näringsämnen är som högst. Fredriksson, 2002, menar att kapaciteten för skörd i ett enskilt vassbestånd är svårt att bedöma då det beror på många faktorer, exempelvis genetisk sammansättning och lokala förutsättningar så som vattendjup, klimat, botten- och näringsförhållanden. De flesta bestånd verkar dock återhämta sig och skörd med ett eller ett par års mellanrum kan försäkra en hög produktion (Fredriksson 2002).

SYSTEMANALYS AV VASSKÖRD I KUSTZON FÖR BIOMETAN- OCH BIOGÖDSELPRODUKTION

Denna studie har studerat vasskörd i Östersjöns kustzon och hur det utnyttjats för biometan och biogödselproduktion. Det övergripande syftet med studien var att bedöma vasskörd för det kombinerade syftet att producera ett förnyelsebart biobränsle samt att återföra näringsämnen från Östersjön till jordbruksmark (Risén, o.a. 2012).

Undersökningen visade att den vass som skördades i projektet från 5 hektar i Kalmar kommun (74 ton) teoretiskt sätt kunde förse 3 hektar åkermark med kväve och 2 hektar med fosfor årligen. Deras näringsbalans är baserad på litteratordata och bör ses som en grov uppskattning. Trots detta visar balansen en god indikation på näringens återcirkulationspotential för systemet. De nämner även att som ett teoretiskt exempel skulle vasskörden, grovt uppskattad till 530 hektar, kunna resultera i ett kväveupptag på 34 ton och ett fosforupptag på 5 ton. Detta motsvarar då ungefär 1 % av det årliga läckaget av kväve från åkermark och 20 % av fosforläckaget. Under antagandet att vassbeståndet skördas har återcirkulationen av fosfor en potential att påverka länets årliga belastning på Östersjöns övergödning (Risén, o.a. 2012).

4. RESULTAT

I detta avsnitt redogörs resultaten som en kortfattad sammanställning baserat på väsentlig fakta ur teoriavsnittet samt slutsatser från tidigare undersökningar.

4.1 EGENTLIGA ÖSTERSJÖN

Östersjöns säregna drag gör att effekterna av miljöpåverkan skiljer sig från andra hav (Havet.nu b u.d.). Det bräckta vattnet ger en permanent skiktad vattenmassa med saltare vatten längs botten (havet.nu a u.d.). Den långa omsättningstiden ger en särskild känslighet för övergödning. Syre är essentiellt för allt högre liv och tillförs genom atmosfärsutbyte och växters fotosyntes (havet.nu a u.d.). Östersjöns kalla vatten når ett maximum på 20° C i ytvattnet (SMHI a 2009). Den skiftande vattenföringen påverkar näringsläckaget till Östersjön (Havsmiljöinstitutet 2011).

4.2 ÖVERGÖDNING

Övergödning innebär att havets karaktär ändrats i en ogynnsam riktning på grund av ett ökat tillskott av näringsämnen. Kväve och fosfor är de viktigaste näringsämnena för organismers fotosyntes (SMHI b 2009) och båda behöver minska för att reducera övergödningen. Majoriteten av näringsläckaget kommer ifrån antropogena källor som, till exempel, jordbruk- och skogsmark och utsläpp från reningsverk och industrier. Det största bidraget kommer ifrån jordbruk (Havet.nu b u.d.) och Sverige står för 19 % av kvävetillförseln och 13 % av fosfortillförseln (Jordbruksverket a 2013).

Övergödningen har bidragit till en ökad algtiltväxt som resulterat i minskat siktdjup, ökad utbredning av syrefria bottenar samt en ökad frekvens av skadliga algbloomningar (SMHI a 2011). Cyanobakterier är vanligast i Östersjön och vissa arter producerar gifter som kan vara skadliga (SMHI a 2011).

Övergödningen gynnar vissa arter medan andra slås ut. Nedbrytningen av organiskt material konsumerar mycket syre vilket kan resultera i syrebrist på havsbotten (SMHI b 2009). Syrebrist kan resultera i att de nedbrytande bakterierna istället använder sig av sulfat vilket resulterar i giftigt svavelväte och döda bottenar (SMHI c 2009). Stora delar av Egentliga Östersjöns djupare delar är numera otjänliga livsmiljöer för högre organismer (havet.nu a u.d.). Vid syrebrist frigörs fosfor från sedimentet och blir tillgängligt för den biologiska produktionen igen. Detta ger en sluten negativ cirkel (Havsmiljöinstitutet 2011). Övergödning orsakar även problem med igenvuxna vikar och en minskning av fria vattenytor (Havs och vattenmyndigheten, 2012).

4.3 VATTENVÄXTERS NÄRINGSUPPTAG

Växter tar upp näring och bygger in den i biomassan. Under nedbrytningen återförs en stor del av näringsämnena till vattnet. Då biomassan skördas förs näringsämnena bort från vattnet (Jordbruksverket 2004). De kväveföreningar som tillförs vattnet är bland annat nitrat och ammonium, men även kväve bundet i lösta och partikulära organiska ämnen. Från jordbruksbygder dominerar nitratläckaget. Fosfor transporteras som löst fosfat, lösta organiska föreningar eller partikelbunden fosfor. Fosforläckage från jordbruksmark innehåller en högre andel fosfor i partikulär form än läckage från skogsmark. Näringsämnena som inte vandrar vidare i näringskedjan eller tas upp av andra organismer sjunker till botten och sedimenteras (Tonderski 2002). Organismerna tar oftast upp näringen när den befinner sig i jonform som nitrat, nitrit, ammonium eller fosfat (SMHI b 2009). Förutom direkt näringsupptag har vattenväxter positiva effekter på den bakteriella näringsomsättningen och sedimentationsprocessen (Jordbruksverket 2004).

4.3.2 SKÖRD AV VATTENVÄXTER

Vid skörd av biomassa förs näringsämnen bort från vattnet (Jordbruksverket 2004) samt ger en möjlighet till biogasproduktion eller annan energiutvinning och återföring av näringsämnen till åkermarken. Mängden näringsämnen som kan föras bort genom skörd beror på biomassans storlek samt koncentrationen av näringsämnen i biomassan. Biomassans storlek är starkt knuten till en stor näringstillförsel. En kontinuerlig skörd i slutet av vegetationsperioden är optimalt för att säkerställa en långsiktig produktion (Tonderski 2002). Skörden bidrar även till en bättre vattenkvalitet genom ökad syrehalt och pH-värde (AgroSea c u.d.). Bioenergi erhålls ur biobränslen, som kommer från bland annat växtdelar (Världsnaturfonden WWF 2010) vilket är en förnyelsebar energikälla (Jordbruksverket b 2013). I en biogasanläggning transformeras energin till biogas i en rötningsprocess och kan sedan användas till el, uppvärmning eller fordonsbränsle. Växtnäringen frigörs samtidigt i avfallet och blir till växttillgänglig biogödsel (Blom 2012). Biomassan kan även förbrännas (Tonderski 2002), komposteras eller användas som grüngödsel (Fredriksson 2002). Det finns även teorier som stödjer att biomassan kan användas för pappersmassaproduktion eller som isoleringsmaterial (kaveldun) (Tonderski 2002).

4.3.3 SKÖRD AV VASS

Vass är ett flerårigt gräs som kan bilda stora slutna bestånd (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011) och lagrar näring i rhizomet för nästkommande år. Vass är en sötvattenart men klarar olika tillväxtförhållanden och salinitet (Karlsson 2009). I Sverige kan vass bli upp mot fyra meter högt (Fredriksson 2002) och växer i ett vattendjup på max två meter (Harrström 2005). Vass växer ofta i näringsrika områden och sprider sig effektivt vid stor tillgång på näringsämnen (AgroSea c u.d.). Vass växer längst Östersjöns kust och täcker totalt 100 000 hektar samt kan ta upp näring både från botten och direkt ur vattnet (Ålands landskapsregering u.d.). Biomassan når cirka 1 kg/m² (Risén, o.a. 2012) men försök som gjorts visar att skottbiomassan kan nå 2 kg/m² (Tonderski 2002). En beräkning visar att skörd av tät, grön vass kan ta bort cirka 9 kg fosfor och 100 kg kväve per hektar (Ålands landskapsregering u.d.). Försök visar att mängden näringsämnen som kan bortföras beror mycket på hur hög näringsbelastningen är i vattnet samt växtens produktivitet. Ett försök i Skottland visade att skördad vass gav en kvävemängd över 60 g N/m² i en näringsrik våtmark medan kvävemängden låg under 10 g N/m² i en näringsfattig våtmark. Dessa skillnader är liknande för fosfor. Skörd under vintertid har visats vara oförtjänt då näringshalten i växtmaterialet är låg (Tonderski 2002).

Optimal tidpunkt och metod för skörd av vass

Halten växtnäring i de ovanjordiska delarna kulminerar under juli-augusti och för ett maximalt bortförande av näringsämnen ur systemet bör skörd ske under denna tidpunkt (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011). För att inte påverka återväxten följande år är det viktigt att vassen inte skördas för tidigt under vegetationsperioden. Vass kan eventuellt skördas två gånger per år för att optimera borttaget av näring men det kan påverka återväxten på lång sikt. Återväxten av vass kan i vissa fall bero på hur högt på strået den kapas (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011). En uppföljning av vassens kommande förmåga till återväxt är viktig så att inte bestånden utarmas. En reducerad återväxt skulle kunna medföra att kapaciteten för näringsupptag minskar och en större mängd näringsämnen förs ut till öppet hav (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011).

Ekologiska effekter

Vassbeståndet fungerar som en viktig biotop för många häckande fåglar. Fågellivet är framför allt rikt i områden där vassbeståndet är uppbrutet av laguner och kanaler. Enligt EU:s fågeldirektiv och art- och habitatdirektivet är rördrom och brun kärrhök av ett sådant gemenskapsintresse att särskilda åtgärder krävs för att livskraftiga populationer ska kunna bevaras. De allvarligaste hoten på sikt mot de påverkade arterna är en reduktion av vassarealen. I Östersjön har de flesta fiskarter både sina uppväxt- och lekområden i grunda och skyddade områden med en riktig undervattensvegetation. Det är framförallt under våren som vuxna fiskar befinner sig i de grundare områdena för lek. Växters filterning av vattnet ger ett klarare vatten (bättre siktdjup) vilket är viktigt för arter som söker sin föda med hjälp av synen. Täta vassbestånd kan dock ge motsatt effekt då den blir ogenomtränglig för fiskyngel. De negativa effekterna kan förbättras genom åtgärder som att återskapa vattenspeglar i bestånden samt upprätthålla kanaler till lämpliga lekområden (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011).

4.3.3 ETABLERING AV NYA VATTENVÄXTER

Etablering av växter är väldigt viktig för hur stor reningsverkan kan bli (Harrström 2005). Olika djup i kustzonen ger möjlighet till en varierad artsammansättning (Skoog 2007) där övervattenväxter kan etableras på de grundare partierna medan undervattenväxter får ta över de djupare delarna. För en etablering av övervattenväxter bör djupet inte vara mer än 0,5 m medan undervattenväxterna gynnas av ett djup på 1-1,15 m. Denna varierade växtlighet minskar bland annat risken för kanalisering och kan vara en fördel för denitrifikationen (Jordbruksverket 2004). Vid val av arter bör man vara försiktig då en del arter kan vara konkurrenskraftiga (Hansson 2008). Då näringsupptag prioriteras kan detta dock lämpa sig (Skoog 2007). Vass är den mest motståndskraftiga vassväxt i svenska våtmarker då den tål stora vattendjup, har en stor rotmassa och konkurrerar väldigt bra med andra vattenväxter (Harrström 2005).

För att kontrollera vegetationsutvecklingen kan vattenväxter planteras på olika delområden som sedan får fungera som spridningszoner till resterande yta (Jordbruksverket 2004). Om spontan kolonisation utnyttjas kan risken vara att man kan få in oönskade arter som konkurrerar ut de mer effektiva växterna och påverkar därmed funktionen (Harrström 2005). Vissa undervattenväxter kan etableras genom att sprida skottbitar. I övrigt så kan vattenväxter generellt etableras genom givarfröbanker som är sediment innehållande en aktiv fröbank (Jordbruksverket 2004).

Lämpliga vattenväxter:

Helofyter har ett stort näringsbehov och tar upp näring från sedimenten. Helofyter som är bra näringsupptagare är bland annat vass, kavedun och jättegröe. I Sverige är övervattenvegetationen aktuell i våtmarker då de kan uppvisa en hög biomassaproduktion även fast marken är helt dränkt (Tonderski 2002). Jättegröe är en vanlig art i Sverige (Naturhistoriska riksmuseet 2009) som växer i vatten och bildar stora bestånd som kan konkurrera med vass. Stråna kan bli upp mot tre meter höga och blommar i juli-augusti (Naturhistoriska riksmuseet 2009). Jättegröe trivs i ett vattendjup på två meter och har en hög produktion av biomassa (Harrström 2005). Kavedun tillhör några av de mest produktiva våtmarksarterna och trivs lätt i grundare vattenmiljöer men sämre på djup över 0,5 m (Harrström 2005). Rörflen växer vilt i större delen av landet i fuktiga miljöer och kan bli upp mot två meter högt (Glommers Miljöenergi AB 2008). Rörflen är mycket uthålligt och kan ge en hög avkastning på cirka 7,5 ton ts/ha på mark (Aldén 2006). Rörflen lämpar sig till biogasproduktion

(Tonderski 2002) och är det mest lovande gräset för biobränsleproduktion (Glommers Miljöenergi AB 2008).

Lemnider tar närings direkt ur vattnet och konkurrerar därför med alger. De växter som täcker vattenytan med blad, till exempel andmat, skapar skugga för algerna (Hansson 2008). Andmat är en vattenlevande ört som finns naturligt i Sverige (Naturhistoriska riksmuseet 1999) och etablerar sig lätt. Arter från Lemnaceae-familjen används ofta i vattenreningsprojekt då de har en hög biomassaproduktion och kan växa i näringsrika vatten (Ying Fang, o.a. 2007).

Nymphaeider kan användas på djupare vatten. Samtidigt som de syresätter vattnet hindrar de solljuset att nå ner i vattnet vilket hämmar alg tillväxten (Skoog 2007). De har ett näringsupptag både direkt ur vattnet och sedimentet (Hansson 2008). Vidare nämns att isoteider kräver näringsfria vattendrag och är känsliga för algblooming (Hansson 2008).

4.3.4 OPTIMERING AV VATTENVÄXTERS NÄRINGSUPPTAG OCH EKOLOGISKT VÄRDE

Den viktigaste förutsättningen för ett högt näringsupptag är koncentrationen av näringsämnen i vattnet. En omgivande växtlighet ger vindskydd och ökar vattentemperaturen, men den bör inte skugga området (Jordbruksverket 2004). Vassbestånd utgör en viktig livsmiljö för fåglar och fiskar. Vid en storskalig skörd bör inventering och observation av fågellivet utföras och därefter anpassa skörden för att minimera störningar. I områden med brun kärrhök och rördrom bör röjning undvikas. Det är viktigt att spara refuger av vass där småfåglar kan söka skydd samt finna föda under vintern. Skapande av laguner och kanaler ger en ökad diversitet och en sparad vassbård som ridå mot öppet hav är gynnsamt. En varierad miljö gynnar även fisken. För att inte störa gäddan och abborrens lek bör skörd av vass undvikas under perioden de leker. Skörden bör heller inte påbörjas före perioden då fåglar häckar i vassen. Om det finns en misstanke för förorenade sediment bör detta undersökas innan skörd. Försök till att minimera grumling bör alltid göras och om skörden riskerar omfattande grumling bör den inte utföras under fiskleken mellan april och maj (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011).

Metod och tidpunkt

Mängden biomassa som kan skördas varierar stort mellan åren (Tonderski 2002). För en årlig skörd med maximal näringbortföring bör vassen slås ovanför vattenytan (Ålands landskapsregering u.d.) och för att inte öka läckaget vid skörd bör en bård sparas (AgroSea c u.d.). Den största biomassan och halten näringsämnen, hos exempelvis vass, erhålls under blomningen vilket gör att detta till den ultimata tidpunkten för skörd med resultat i högst avkastning. Dock kan skörd under blomningen kan bidra till att beståndet minskar med åren (Ålands landskapsregering u.d.). För att minska påverkan av biologisk mångfald samt låta växterna hinna fröa av sig kan man vänta till efter blomningen (Jordbruksverket 2004). Det finns även restriktioner att följa för när skörden får utföras (AgroSea c u.d.). Gällande att skörda två gånger per år visar studier på att möjligheter för en högre avkastning biomassa är begränsat och endast marginella skillnader ges i jämförelse med en skörd per år. Den skördade mängden näringsämnen som kan tas upp kan dock höjas betydligt genom två skördar. Proportionen rotbart material kan även öka med fler skördar då mängden näringsämnen ökar samt energiutbytet vid biogasproduktionen (Tonderski 2002).

Skörderedskap

En amfibiegående så kallad Truxorbåt används i dagsläget av AgroSea då den är liten, smidig och passar den svenska kustens ojämna utseende (Fransson 2013). Krav på utrustningen för skörd är att växterna ska kunna klippas och samlas upp i vattnet, vid stranden och på land i befintlig terräng utan att skada och påverka den i onödan. Amfibiefarkoster är långsammare än båtar men har istället inte problemet med att vass fastnar i propellrarna. Till skillnad från europeiska maskiner är de nordamerikanska maskinerna större, djupgående och har i regel en inbyggd uppsamlare (Seaside Consulting AB 2010). Vid skörd med maskiner i grunda miljöer finns det risk att sedimenten påverkas och att grumling samt spridning av näringsämnen och föroreningar sker. Detta påverkar vegetationen och faunan negativt. Det är därför viktigt att använda maskiner anpassade för ändamålet samt vara varsam. Påverkans omfattning influeras av skördemetod, maskiner, djup och tidpunkt för skörd (Bladh, Löfstrand och Pernmyr 2011). Det är även viktigt att rhizomet inte skadas under skörden för en fortsatt bra återväxt (Fredriksson 2002).

Skötsel

Den vattenrenande förmågan försämras av igenväxning (Jordbruksverket 2004), en måttlig skörd medför därav ett stimulerat näringsupptag samt en god återväxt (Tonderski 2002). En riklig vegetation är gynnsam men kanalisering och zoner med stillastående vatten ska undvikas för ett optimalt näringsupptag (Jordbruksverket 2004). För att motverka utkonkurrens krävs ett kontinuerligt underhåll av bestånden (Harrström 2005). Det är viktigt att skörden inte försämrar de andra renande processernas förutsättningar genom att förstöra biofilmens yta eller dämpa flödes hastigheten för mycket (Jordbruksverket 2004). Om det sker en omfattande sedimentation kan det bli nödvändigt att gräva upp en del av sedimentet (Ålands landskapsregering u.d.).

5. DISKUSSION

Att Östersjön är särskilt känsligt och skiljer sig från andra hav med sina säregna drag visar tydligt att åtgärder måste tas för att inte det ökade näringsläckaget ska resultera i oföränderliga konsekvenser. Många åtgärder för att minska näringsläckaget har gjorts i Sverige och visat tydliga resultat. Att jordbruket står för det största bidraget till näringsläckage är föga förvånande och av den anledningen anses det vara lämpligt att både använda sig av metoder som minskar läckaget direkt från åkermarken, som fånggrödor, och att utnyttja våtmarker som kan fånga upp den resterande näringen innan den når Östersjön. Enligt personlig uppfattning läggs det inte tillräckligt med resurser för att fånga upp näringsämnen som redan läckt ut i Östersjön. Att skörda vattenväxter är därmed ett bra komplement till redan pågående åtgärder och ger ytterligare en möjlighet för att ta upp näringen som redan läckt ut i Östersjön. Sverige har med sin stora kust och många vattendrag som rinner ut i Östersjön bidragit mycket till näringsläckaget under historiens gång. Den långa kusten medför inte bara negativa konsekvenser utan också möjligheter genom denna metod för att extrahera näringsämnen längs majoriteten av västra sidan Östersjön. Att hälften av läckaget kommer ifrån antropogena källor indikerar tydligt hur människan påverkar och förstör miljön. I och med industrialisering och hög befolkningstillväxt med ett ökat behov på energi- och livsmedelsproduktion ökar även behovet av näringsämnen. Som nämnt kommer fosfortillgången att bli alltmer begränsad vilket tydligt visar på behovet av återcirkulering av näringsämnen, och att detta borde vara högt prioriterat. Vidare så borde det faktum att algbloomningar kan resultera i giftigt vatten också väcka tillräckligt starka åsikter för att ändra beteenden och därmed prioritera mer resurser för motåtgärder. Motiven att använda skörd av vattenväxter för rening av Östersjön är flera: främst för att det är en naturlig process där vi på ett hållbart sätt använder oss av naturens egen förmåga att rena miljön; biogödsel produceras vilket har visats sig vara ett effektivt gödselmedel, och verkar lovande inför framtiden; den innebär ett sätt att bryta näringens interna, negativa cykel i havet och samtidigt återföra näringen till där det finns behov. Nitrat dominerar i läckaget från jordbruksmark medan fosfor läcks både i löst och partikulär form. Mer omfattande studier av fosfortransporter kan göras för en bättre kunskap om vad växterna kan ta upp och vad som kommer att sedimentera eller bindas till andra partiklar.

Mängden näring som kan bortföras från systemet beror starkt på biomassans storlek vilket gör att det, i brist på data över specifikt näringsupptag, generellt kan antas att större arter kommer att ha en större reningsverkan. Genom detta är det rimligt att dra slutsatsen att vass med dess större storlek, kommer att ha en större reningseffekt än de flesta andra vattenväxter. Biomassan når 1-2 kg/ m², vilket kan omvandlas till 10-20 ton/ha och 9 kg fosfor och 100 kg kväve per hektar. Vass är även vanligast förekommande i Sverige och dessutom väldigt konkurrenskraftig. Detta bådär gott för att vassskörd skulle kunna vara det effektivaste sättet att rena vatten för denna metod. Vass ska generellt inte skördas för tidigt under vegetationsperioden. Detta för att inte påverka återväxten negativt, men effekten kan kontrolleras genom vart på var strået vassen kapas. Detta är viktigt att ha i åtanke då en minskning av återväxten direkt missgynnar näringsupptaget följande år och alltså medföra negativa konsekvenser för näringsupptaget på längre sikt. Reningsverkan påverkas också mycket av vilka växter som används. För nyetablering kan växter planteras och spridas, men det kan vara svårt att styra utvecklingen och konkurrensen. I de fall vass, jättegröe eller andra konkurrenskraftiga växter används bör detta inte vara ett lika stort problem på grund av deras naturliga egenskaper. Om endast näringsupptaget prioriteras kan det vara positivt med en konkurrenskraftig art, men det bör tas i

beaktande att de arter som är konkurrenskraftiga kan göra att området växer igen vilket innebär att beståndet behöver skötas mer regelbundet och aktivt. Om detta inte anses vara kostnadseffektivt bör mindre konkurrenskraftiga arter prioriteras. Ytterligare ett alternativ är undervattenväxter som effektivt kan spridas genom skottbitar som, till exempel, kan samlas in på områden där de redan existerar. Då helofyter uppvisar en stor biomassa och kräver mycket näring är dessa att rekommendera i områden precis intill kusten och så långt ut från kusten som de kan växa. Förslag på helofyter, förutom vass, är jättegroe, kaveldun och rörflen. Jättegroe kan konkurrera med vass och lämpar sig därav i områden där det redan växer vass eller annan vegetation som man önskar att utkonkurrera. Kaveldun kan producera 50 ton biomassa/ha/år- en större produktion än vad vass ger och rörflen kan ge en avkastning på cirka 7,5 ton ts/ha på mark, vilket även borde gälla för ett vattendränk område då den är så pass vanlig och trivs i fuktiga miljöer. Under förutsättningen att den får en lika hög biomassaproduktion i vattnet har även rörflen en större avkastning än vass (om man räknar med att dessa data är mätta i torrsubstans). Dock måste det även tas i beräkning att hela strået kan skördas på mark. I vatten ska skörden begränsas till att endast ske ovanför vattenytan, vilket, beroende på djup, kommer att påverka skördad biomassa då vid djupare vatten en större del av vegetationen kommer att befinna sig under ytan. Vidare så klassas rörflen som det mest lovande gräset för biobränsleproduktion, vilket är en anledning till att det kan vara värt att prövas och studeras.

Denna metod med skörd av vattenväxter begränsas exempelvis i att den bygger på att det finns växter att skörda. AgroSea skördar idag hos en markägare som uppskattar att någon tar bort vassen gratis. Detta torde vara den lättaste metoden att få tag på mark att skörda. Om odling för en optimal årlig skörd är syftet skulle det kunna vara möjligt att utföra detta dels i vikar eller andra områden längs kusten där det inte finns någon befintlig aktivitet. Idag finns en så pass stor areal vass som växer naturligt med bestånden kan då skördas med syfte att de ska växa upp igen. Badplatser och andra liknande områden där gallring eller mer omfattande beståndsminskning uppskattas kan en någorlunda regelbunden skörd utföras på de befintliga bestånden. Metoden begränsas även med kraven på storleken för områdena där vegetationen kan etableras och växa. I detta fall begränsar vattendjupet exempelvis Helofyter som endast kan växa intill kusten. Detta kan lösas med att använda lemnider och nymphaeider på djupare vatten där helofyter inte kan växa och detta verkar vara ett bra komplement till skörd av helofyterna. Denna variation i växtlighet minskar även risken för kanalisering och indikerar för ytterligare positiva effekter för denitrifikation. Lemnider har ingen fästpunkt i botten och bör därav vara lättskördade om man har en maskin som kan håva upp växterna. Då de tar upp näringen direkt ur vattnet konkurrerar de med algernas näringsupptag samtidigt som de försämrar algtillväxten genom skuggning. Ett förslag på lemnider är andmat som etablerar sig lätt och har en hög biomassaproduktion. Inga siffror på näringsupptag påträffades i studien, men då det utökar skördeområdet och inte konkurrerar om plats med helofyterna så bidrar det till att en större reningseffekt kan uppnås. Som lemniderna så tar nymphaeiderna också upp näringen direkt ur vattnet, men även ur sedimentet. Nymphaeiderna kan därmed vara ett effektivt sätt att ta upp näring ur botten på djupare vatten och samtidigt syresätta vattnet. De växter som inte är fastankrade kan dock blåsa eller flyta bort om skörden är planerad längs kusten. Därav blir detta ett alternativ mer anpassat för vikar eller liknande. Isoteider, å andra sidan, kräver näringsfria vattendrag och är känsliga för algblooming och anses därmed vara olämpliga för vattenrening i övergödda vattendrag. Författarens rekommendation till AgroSea genom denna studie är att testa olika vegetationstyper och framförallt blanda olika arter för att se vad som lämpar sig bäst i varje

specifikt område. Denna litteraturstudie gav en bakgrund till metoder och vegetation med förslag av dessa, men för att säkert kunna besvara frågan om vilken metod och vegetation som ger bäst resultat bör det göras försök. Det finns många faktorer som är avgörande för vad som bäst lämpar sig och ett generellt påstående för alla metoder och vegetationstyper kan inte göras. Inte att förbise är varifrån växterna tar upp majoriteten av sin näring. Fosfor som redan sedimenterat påverkar inte längre havet på samma sätt. Dock anses det rimligt att all fosfor som tas upp är positivt då den vid senare tillfällen antagligen läcker ut, vid exempelvis syrefria bottenar då fosfor frigörs. Ett problem löses inte genom att låta det ligga gömt. Som nämnt i inledningen säger Naturvårdsverket att åtgärder måste öka gällande de övergödande ämnen som redan finns upplagrade i sedimenten.

Vidare så är det med ett säregnet ekosystem viktigt att vara försiktig innan stora ändringar i systemet görs, speciellt innan mer heltäckande studier och försök utförts, då dessa ändringar kan sluta i oföränderliga rubbningar och svårförutsedda konsekvenser. Etablering av andra växter än vass skulle dock kunna öka det ekologiska värdet. Östersjöns kalla vatten ger en begränsning i vilka arter som kan etableras samt vilken produktivitet de kan ha. Det var bland annat av denna anledning svårt att hitta relevant litteratur och tidigare försök som gjorts som kan anpassas till Östersjöns klimat med siffror på hur högt näringsupptaget kan bli.

Halten näringsämnen är den viktigaste förutsättningen, men denna faktor kommer denna metod inte kunna anpassa sig efter mer än att sträva efter att skörda i miljöer där näringskoncentrationen är hög. Av denna anledning kommer naturligt avkastningen minska i och med att eutrofieringen minskar och därmed i takt med att övergödningproblemet försvinner, men det kan, tyvärr, antas ta väldigt lång tid. En längre uppehållstid fås naturligt med en större växtlighet. Gällande omgivande växtlighet bör försiktighet iaktas i att inte påverka för mycket, men mindre gallring kan medföra många positiva effekter och den gallrade biomassan skulle, exempelvis, kunna skickas till en biogasanläggning, eller liknande. Inventeringar och observationer av djurlivet bör definitivt utföras för att säkerställa en minimal påverkan. Att till exempel skapa en lagun anses utifrån studien vara ett enkelt sätt att bidra till en diversitet hos djurlivet.

Mängden biomassa kommer att variera mellan åren men för att säkerställa ett maximalt upptag bör vassen, som nämnts, slås ovanför vattenytan. För att inte förvärra läckaget rekommenderas det även att en bård alltid sparas. Eftersom den största biomassan erhålls under blomningen är detta den lämpligaste tidpunkten för skörd. Dock kan skörd under blomning minska beståndet följande år vilket visar att skörden kanske borde utföras precis efter blomningen för en mer långsiktig avkastning av biomassa. Här är det såklart viktigt att skördetidpunkten anpassas efter de restriktioner som finns för att inte påverka den biologiska mångfalden mer än nödvändigt. I vissa områden, som exempelvis badplatser där man vill minska eller få bort bestånd, kan man då dels skära vassen under vattnet och även skörda före eller under blomningen. Att skörda vegetationen två gånger per säsong kan ge en marginellt lägre mängd total biomassa men mängden näringsämnen som kan tas upp ökar betydligt. I valet av antal skördar per år måste naturligtvis ekonomiska synpunkter tas i anspråk då det är mängden biomassa som lönar sig i biogasproduktion. Även fast en stor del av affärsidén bygger på att få en inkomst från skördad biomassa bör näringshalten samt vattenkvaliteten mätas kontinuerligt för att se vilken effekt olika åtgärder har. Detta skulle även kunna ge positiva argument till varför lantbrukare borde använda sig av biogödsel vilket i längden skulle kunna vara vinstdrivande.

Truxorbåten som AgroSea använder sig idag verkar fungera fullgott för ändamålet. Utifrån studien så ges dock förslaget att utöka med en större maskin för områden med stora bestånd för att effektivisera metoden. Ett krav på denna större maskin bör vara att vassen kan samlas upp direkt i en uppsamlare för att undvika spill samt för att effektivisera skördeprocessen. Oavsett val av maskin ska den inte skada eller påverka omgivningen mer än nödvändigt då detta direkt motverkar reningseffekten. Ytterligare, för att få ett optimalt renande resultat, kan en underhållande och måttlig skötsel vara lämpligt under hela vegetationsperioden. Detta stimulerar en god återväxt eftersom vattenreningen försämrar av igenväxning. Genom detta kan kanalisering och utkonkurrens undvikas. Detta är ett enkelt sätt att öka näringsupptaget. Växternas positiva effekter på sedimentation och bakteriell näringsomsättning indikerar att en regelbunden skörd är direkt gynnsam för den totala retentionen.

Det finns även andra metoder för näringsupptag direkt ur vattnet som exempelvis musselodlingar och algskörd. Alla metoder kommer att ha positiva och negativa beskaftenheter, men det är av författarens åsikt att alla metoder som kan tillämpas för att förbättra miljösituationen i Östersjön bör tillämpas så länge de positiva miljövinster överväger övriga negativa konsekvenser.

5.1 KRITISK GRANSKNING AV METODEN

Med en litteraturstudie innebär det att ingen ny empirisk forskning har utförts. Inga hypoteser har testats genom ytterligare försök.

6. SLUTSATSER

Ur studiens frågeställningar följer slutsatser:

Biomassans storlek avgör mängden näring som kan bortföras ur systemet. Kavedun, rörflen och jättegröe är tre arter som kan konkurrera med vass i näringsupptag. Helofyter bör användas på de grundare partierna och lemnider eller nymphaeider på de djupare delarna som ett komplement. Utöver dessa så kan slutsatsen dras att halten näringsämnen i vattnet är den största faktorn till hur stort näringsupptaget blir.

För att inte påverka återväxten bör växterna slåas ovanför vattenytan. Skörd bör ske två gånger per år för ett maximalt näringsupptag men om maximal biomassa är målet ska skörden endast ske en gång. En regelbunden skötsel för att undvika igenväxning förbättrar näringsupptaget. En bård bör sparas för att minska näringsläckaget efter skörd.

Denna litteraturstudie beskriver övergödningsproblemen och det har givits förslag på optimeringar för en metod för rengöra Östersjön genom skörd av vattenväxter, men för att få ett säkert svar på optimal metod för varje plats bör försök utföras då många faktorer avgör för vad som lämpar sig för varje, speciell miljö.

LITTERATURFÖRTECKNING

- AgroSea a. *AgroSea- Från Miljöproblem till Värdefull Resurs*. n.d. <http://agrosea.se/skord-av-vass/> (accessed maj 5, 2013).
- AgroSea b. *AgroSea- Från Miljöproblem till Värdefull Resurs*. n.d. <http://agrosea.se/> (accessed maj 5, 2013).
- AgroSea c. *AgroSea- Från Miljöproblem till Värdefull Resurs*. n.d. <http://agrosea.se/skord-av-vass/skord-av-vassvattenvaxter-kan-bidra-till-minskad-overgodning/> (accessed maj 5, 2013).
- Aldén, Sari. *Skogsreflexen*. februari 8, 2006. http://www.metsavastaa.net/rorflen_ochhalm (accessed maj 31, 2013).
- Aronsson, Helena. (maj 23, 2013).
- Bladh, Martin, Fredrik Löfstrand, and Henrik Pernmyr. *Restriktioner vid nyttjande av marina substrat för biogasproduktion*. Rapport 0348-8748, Kalmar: Länsstyrelsen Kalmar län, 2011.
- Blom, Angelika. *Avfall Sverige*. juli 2, 2012. <http://www.avfallsverige.se/avfallshantering/biologisk-aatervinning/roetning/biogoedsel/> (accessed maj 23, 2013).
- Boesch, Donald m fl. *Eutrophication of Swedish Seas*. Rapport 5509, Stockholm: Naturvårdsverket, 2006.
- Bötter, Helena. *Utvärdering av ett ekotekniskt reningssystem för avskiljning av fosfor och kväve*. TRITA-LWR Master Thesis 1651-064X, Stockholm: KTH, 2003.
- Fransson, Julia. (maj 29, 2013).
- Fredriksson, Hans. *Storskalig sommarskörd av vass – Energiåtgång och kostnader och flöden av växtnäring för system med skörd och efterföljande behandling*. Examensarbete 1101-0843, Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, 2002.
- Fölster, Jens, Katarina Kyllmar, Mats Wallin, and Stefan Hellgren. *Kväve- och fosfortrender i jordbruksvattendrag*. Rapport 2012:1, Uppsala: Institutionen för vatten och miljö, SLU, 2012.
- Glommers Miljöenergi AB. *Rörflensodling en handbok*. Glommers Miljöenergi AB, 2008.
- Güsewell, S. "Does mowing in summer reduce the abundance of common reed (*Phragmites Phragmites*)."
Bulletin of the Geobotanical Institute ETH 64 (1998): 23-35.
- Hansson, G. *Algblomning i dammar, i stad och på golfbanor*. Examensarbete 1651-8160, Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet, 2008.
- Harrström, Johan. *Rimbo våtmark*. Examensarbete 1401-5765, Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, 2005.
- havet.nu a. "havet.nu." *Egentliga Östersjön*. n.d. <http://www.havet.nu/?d=43> (accessed maj 10, 2013).

- Havet.nu b. *Havet.nu*. n.d. <http://www.havet.nu/?d=31> (accessed maj 14, 2013).
- Havs och vattenmyndigheten. *Havs och vattenmyndigheten*. januari 23, 2012. <https://www.havochvatten.se/kunskap-om-vara-vatten/miljohot/overgodning.html> (accessed april 25, 2013).
- Havsmiljöinstitutet. *Havsmiljöinstitutet*. november 29, 2011. <http://www.havsmiljoinstitutet.se/hav-och-samhalle/naringsamnen/> (accessed maj 14, 2013).
- Hosoi, Y. "Field examination on reed growth, harvest and regeneration for nutrient removal." *Water science and technology* (Elsevier science Ltd) 38, no. 1 (1998): 351-359.
- Husák, Š. "Control of reed and reed mace stands by cutting, Pond littoral ecosystems." *Ecological studies* 28 (1978): 404-408.
- Jordbruksverket a. *Jordbruket och övergödningen av havet*. februari 19, 2013. <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ingenovergodning/jordbruketochovergodningen.4.4b00b7db11efe58e66b80001608.html> (accessed maj 17, 2013).
- Jordbruksverket b. *Jordbruksverket*. januari 22, 2013. <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/begransadklimatpaverkan/fornybarenergi/vadarfornybarenergi.4.2a19d05112133800c8b800089.html> (accessed maj 10, 2013).
- Jordbruksverket. *Kvalitetskriterier för våtmarker i odlingslandskapet*. Rapport 2004:2, Jordbruksverket, 2004.
- Karlsson, Sara. *Sustainable use of Baltic Sea natural resources based on ecological engineering and biogas production*. Student thesis 1402-7615, Stockholm: KTH, 2009.
- Naturhistoriska riksmuseet . *Den virtuella floran*. mars 30, 2009. <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/poa/glyce/glycmax.html> (accessed maj 28, 2013).
- Naturhistoriska riksmuseet. *Den virtuella floran*. September 16, 1999. <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/lemna/lemna/lemnmin.html> (accessed maj 22, 2013).
- . *Den virtuella floran*. November 24, 1998. <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/lemna/spiro/spirpol.html> (accessed maj 22, 2013).
- . *Den virtuella floran*. mars 31, 2009. <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/poa/phala/phalaru.html> (accessed maj 31, 2013).
- Naturskyddsföreningen. *Naturskyddsföreningen*. juni 23, 2011. <http://www2.naturskyddsforeningen.se/natur-och-miljo/jordbruk--mat/jordbrukets-miljopaverkan/overgodning/> (accessed april 9, 2013).
- Naturvårdsverket a. *Miljömål a*. mars 23, 2012. <http://www.miljomal.nu/sv/Miljomalen/7-Ingen-overgodning/> (accessed april 25, 2013).

Naturvårdsverket b. *Miljömål b*. februari 24, 2012. <http://www.miljomal.nu/sv/Miljomalen/7-Ingen-overgodning/Nar-vi-miljokvalitetsmalet/> (accessed april 25, 2013).

Naturvårdsverket. "Bilaga A: Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag." In *Handbok 2007:4: Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon*, by Naturvårdsverket, 100. Bokavsnitt 2007:4. Stockholm: Naturvårdsverket, 2007.

Naturvårdsverket. *Eutrophication of the Seas along Sweden's West Coast*. Rapport 5898, Stockholm: Naturvårdsverket, 2008.

Risén, Emma, et al. *Systemanalys av vasskörd i kustzon för biometan- och biogödselproduktion*. Stockholm: KTH, 2012.

Seaside Consulting AB. *Maskiner och utrustningar för vasskörd*. Kalmar: Seaside Consulting AB, 2010.

Skogfält, Lars-Peter, and Martin Tilly. *Svenska sjöar- och hur de påverkas av eutrofiering*. Examensarbete 1402-1773, Luleå: Luleå Tekniska Universitet, 2005.

Skoog, A. *Våtmarker i urbana miljöer*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, 2007.

SMHI a. *SMHI*. juni 17, 2011. <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/alger-1.6025> (accessed maj 13, 2013).

—. *SMHI*. augusti 17, 2009. <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/ytvattentemperatur-i-havet-1.6001> (accessed maj 13, 2013).

SMHI b. *SMHI*. juni 24, 2011. <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/algblooming-1.1734> (accessed maj 13, 2013).

—. *SMHI*. augusti 17, 2009. <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/overgodning-av-havet-1.6006> (accessed maj 13, 2013).

SMHI c. *SMHI*. augusti 5, 2009. <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/syreforhallanden-i-havet-1.5155> (accessed maj 14, 2013).

SMHI. *SMHI*. juni 28, 2010. <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/algbloomingar-i-ostersjon-1.3008> (accessed maj 13, 2013).

Tonderski, Karin (red) mfl. *Våtmarksboken*. Västervik: Vattenstrategiska forskningsprogrammet (VASTRA), 2002.

Veg Tech AB. "Veg Tech." *Produktkatalog - Växter för vattenmiljöer*. n.d. http://www.vegtech.se/sitefactory/assets/download.aspx?file=/upload/files/PDF/98-115_V%c3%a4xter%20f%c3%b6r%20vattenmilj%c3%b6er.pdf (accessed maj 28, 2013).

Världsnaturfonden WWF. *WWF*. september 23, 2010. <http://www.wwf.se/vrt-arbete/skog/1255595-bioenergi> (accessed maj 10, 2013).

Ying Fang, Yun, Olga Babourina, Zed Rengel, Xiao E. Yang, and Pei Min Pu. *Ammonium and Nitrate Uptake by the Floating Plant Landoltia punctata*. Oxford University Press, 2007.

Ålands landskapsregering. *Ålands landskapsregering*. n.d.

<http://www.regeringen.ax/socialomiljo/miljo/vass.pbs> (accessed maj 18, 2013).